



## 2. Zwischenbericht

zum Verbundprojekt

### „Optimierung der nachhaltigen Biomassebe- reitstellung von repräsentativen Dauergrün- landtypen für die thermische Verwertung“ - (GNUT-Verbrennung) Berichtsjahr 2009



Dieses Verbundvorhaben wird vom BMELV über die FNR gefördert  
und seitens der TLL wird das Projekt koordiniert.  
FKZ 2200-5808 (o8NR058)

**Projektlaufzeit:** 01.06.2008 – 30.04.2011  
**Berichtszeitraum:** 01.01.2009 bis 31.12.2009  
**Projektleitung und Koordination:** Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (**TLL**)  
**Beteiligte:**

- Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (**TLL**)
- Deutscher Grünlandverband (**DGV**)
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (**LWK-NS**)
- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (**LFULG**)
- Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft (**LfL**)
- Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (**ATB**)
- Büro für Ökologie und Landschaftsplanung (**SALIX**)

**Berichtlegung:** 30.01.2010  
**Projektleiter:** PD Dr. Hans Hochberg (TLL, AL Tierproduktion)  
**Bearbeiter:** Dr. Katja Gödeke (TLL – Referat Agrarökologie und landw. Bodenschutz)

Jena, im Februar 2010

(Peter Ritschel)  
Präsident

(PD Dr. Hans Hochberg)  
Projektleiter

# Inhalt

Kapitel	Seite
<b>1. Intention und Ziele und des Projektes</b>	<b>4</b>
<b>2. Versuchsdurchführung</b>	<b>5</b>
<b>3. Ergebnisse aus 2009 und Diskussion</b>	<b>9</b>
3.1 Vegetationskundliche Aufnahmen	9
3.2 Standortergebnisse	10
3.2.1 Thüringen: Goldhaferwiese	10
3.2.2 Niedersachsen: Seggenried	13
3.2.3 Sachsen: Kohldistelwiese	15
3.2.4 Brandenburg: Rohrglanzgraswiese	17
3.2.5 Bayern: Streuwiese	20
3.2.6 Gesamtbetrachtung 2009	22
<b>4. Gesamtbewertung und Diskussion der 2 Versuchsjahre</b>	<b>24</b>
4.1 Biomasse-Erträge	24
4.2 Biomasseeigenschaften (Inhaltstoffe, nur 2008)	25
4.2.1 Beurteilung nach Futterwert	25
4.2.2 Beurteilung nach Nähr- und Mineralstoffgehalten	28
4.2.3 Beurteilung nach Spurenelement- und Schwermetallgehalten	34
4.2.4 Beurteilung nach energetischem Wert	37
<b>5. Verfahrensbewertung – Stand der Arbeiten</b>	<b>40</b>
<b>6. Zusammenfassung</b>	<b>43</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b>	<b>44</b>
<b>8. Veröffentlichungen</b>	<b>45</b>

## 1. Intention und Ziele des Projektes

Das Dauergrünland hat einen nennenswerten Anteil an den landwirtschaftlichen Biomassepotenzialen (PROCHNOW ET AL. 2007, RÖSCH ET AL. 2007, THRÄN ET AL. 2005). Forschungsarbeiten konzentrieren sich gegenwärtig jedoch auf den Energiepflanzenanbau, während zum Dauergrünland im Vergleich dazu bisher wenige und weitgehend isolierte Forschungsarbeiten stattfinden.

Versuchsreihen liegen vor zum Einfluss von Grasarten, Schnittzeitpunkten und Silierzusätzen auf die Biogasausbeuten (KAISER UND GRONAUER 2007, MÄHNERT ET AL. 2005, PROCHNOW ET AL. 2005) sowie von Grünlandtypen und Schnittzeitpunkten auf die Brennstoffeigenschaften (RÖSCH ET AL. 2007, LASER ET AL. 2006). Auch wenn diese Untersuchungen z.T. sehr umfangreich sind, lassen sie sich nicht untereinander vergleichen und auf andere Standorte übertragen. Die Versuche fanden meist nur an Grünlandstandorten jeweils eines Bundeslandes statt. Zudem erfolgten die Feld- und Laborversuche nach unterschiedlichen Methoden. Eine umfassende Übersicht über den Stand der Forschung zur Biogasgewinnung findet sich in PROCHNOW ET AL. 2007.

Eine systematische und koordinierte Bearbeitung der Thematik mit bundesweiter Einbeziehung der typischen Dauergrünlandregionen und unter Verwendung einheitlicher Methoden ist bisher nicht erfolgt. Es fehlen fundierte nationale und bis auf Ausnahmen regionale Hochrechnungen zum Anteil der energetisch verwertbaren Grünlandaufwüchse sowie parallele Untersuchungen der Biomasseerträge und –qualitäten von repräsentativen Grünlandstandorten bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität und unterschiedlichen energetischen Verwertungsrichtungen und darauf aufbauend, umfassende Bewertungen zur Ökonomie und zu den Umweltwirkungen.

Das Vorhaben „GNUT-Verbrennung“ soll dringend notwendige Kenntnisse bereitstellen, um energetische Potenziale des Grünlandes zu erschließen. Es sind Strategien zu erarbeiten, wie und in welchen Mengen der Aufwuchs von extensiven Grünlandflächen mit oder ohne Bewirtschaftungsauflagen (Naturschutzgrünland) in geeigneter Form energetisch genutzt werden kann. Grünlandflächen gewinnen aufgrund der immer stärker werdenden Flächenkonkurrenz des Nahrungsmittel-, Futter- und Energiepflanzenanbaus zunehmend an Bedeutung. Die Bewirtschaftungs- und Verwertungsstrategien müssen ökologischen und ökonomischen Anforderungen gerecht werden und sind anhand entsprechender Kriterien zu bewerten.

Arbeitsziele sind im Einzelnen:

- Untersuchung von ausgewählten Grünlandstandorten, die alle typischen Grünlandregionen Deutschlands abbilden und unterschiedliche, natürliche Bedingungen und Bewirtschaftungsintensitäten repräsentieren,
- systematische Ermittlung von Biomasseerträgen und –qualität hinsichtlich der Brennstoffeigenschaften,
- umfassende ökonomische Bewertung der gesamten Kette der Biomassebereitstellung und –verwertung,
- Bewertung der Umweltwirkungen der Bereitstellungs- und Verwertungsstrategien (Öko-, Energie-, Treibhausgasbilanzierung),

- Ermittlung der energetischen Potenziale der untersuchten Grünlandtypen und Hochrechnung der nationalen Grünlandverfügbarkeit gemäß der thermischen Verwertungsrichtung unter Mitarbeit der jeweiligen Landeseinrichtungen,
- Ableitung praktischer Handlungsempfehlungen für die Grünlandregionen.

## 2. Versuchsdurchführung

Es wurden fünf Grünlandtypen in fünf Bundesländern ausgewählt, als Widerspiegelung typischer regionaler Gegebenheiten, an denen jeweils vier Varianten auf Praxisflächen als ein-faktorieller Versuch (Schnittregime bzw. Düngung) in vierfacher Wiederholung, in einer vollständig randomisierten Blockanlage angelegt wurden.

Die Standorte wurden wie folgt definiert:

Niedersachsen:	Feuchtwiese (Seggen-/Binsengesellschaft, Wiesenbrü- tergebiet)
Sachsen:	Nasswiese (Kohldistel)
Thüringen:	Goldhaferwiese
Bayern:	Streuwiese
Brandenburg:	Rohrglanzgraswiese Niedermoor

Nachfolgend sind die standortabhängig festgelegten Varianten aufgeführt.

### Niedersachsen: Feuchtwiese (Wiesenbrütergebiet)

- 2 Schnitte (Anfang Juli, Mitte September)
- 1 Schnitt (Ende Juli/Anfang August)
- 1 Schnitt (Mitte/Ende September)
- Schnitt alle 2 Jahre (Ende September 2010)

### Brandenburg: Rohrglanzgraswiese Niedermoor

- 2 Schnitte (Mitte Juni, Mitte September), ohne Düngung
- 2 Schnitte (Mitte Juni, Mitte September), K-Düngung  
(140 kg K/ha im Frühjahr)
- 1 Schnitt (Mitte September)
- Schnitt alle 2 Jahre (Mitte September)

### Sachsen: ehemalige Kohldistelwiese (Mädesüß-Hochstaudenflur)

- 2 Schnitte (Ende Juni, Mitte/Ende September),
- 2 Schnitte (Ende Juli, Mitte/Ende Oktober)
- 1 Schnitt (Mitte August)
- Schnitt alle 2 Jahre (Mitte August)

### Thüringen: Goldhaferwiese

- 2 Schnitte (Ende Juni, Mitte September), NPK-Düngung  
(60 kg N/ha (KAS), 20 kg P/ha (Triplesuperphosphat), 150 kg K/ha  
(60er Kali) im Frühjahr)
- 2 Schnitte (Ende Juni, Mitte September), PK-Düngung  
(20 kg P/ha (Triplesuperphosphat), 110 kg K/ha (60er Kali) im Früh-  
jahr)
- 2 Schnitte (Ende Juni, Mitte September), ohne Düngung
- Schnitt alle 2 Jahre (Mitte September)

### Bayern: Streuwiese

- 1 Schnitt (Mitte August)

- 1 Schnitt (Mitte September)
- 2 Schnitte (Juli und September)
- Schnitt alle 2 Jahre (September)

Sie unterscheiden sich standortabhängig durch Ihre Schnitthäufigkeit (max. 2 Schnitte/Jahr), ihren Schnittzeitpunkt und der Düngung. In der jeweils 4. Variante wurde im Jahr 2008 an allen Standorten ein Räumungsschnitt vorgenommen, so dass die Bewertung eines zweijährigen Aufwuchses im September 2010 korrekt erfolgen kann.

Bodenproben zu Versuchsbeginn geben einen Eindruck der Dauergrünlandflächen (s. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Bodenuntersuchungsergebnisse zu Versuchsbeginn an den verschiedenen Standorten

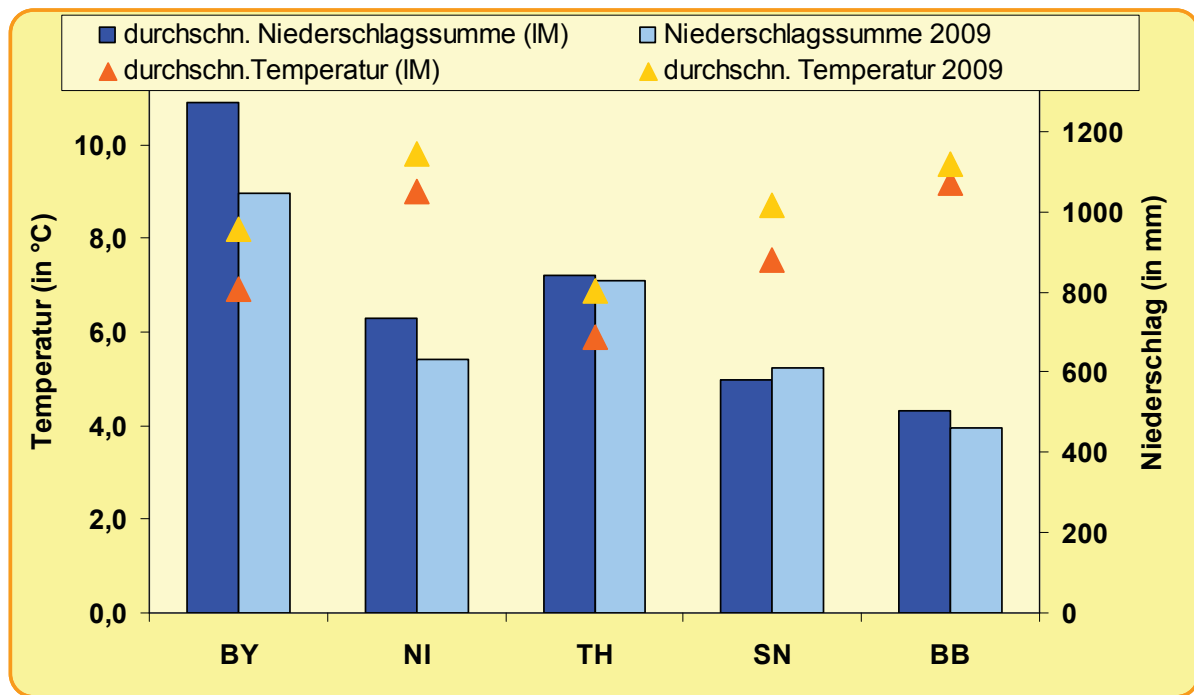
<b>Standort*</b>	<b>pH-Wert</b> (pH-Klasse)	<b>P</b> mg/100 g Boden -in 0-10 cm Bodentiefe (Gehaltsklasse)	<b>K</b>	<b>Mg</b>
Ebereschenhof (BB)	7,0 (E)	11,6 (E)	12,9 (C)	21,4 (E)
Elsfleth (NI)	4,8 (B)	6,0 (C)	4,0 (A)	10,0 (C)
Oberweißbach (TH)	5,8 (B)	3,8 (B)	8,6 (B)	- (E)**
Immenstadt (BY)	4,6 (A)	8,0 (D)	34,3 (E)	29,8 (E)

\*Von dem Standort in SN lagen zur Berichtslegung noch keine Untersuchungsergebnisse vor.

\*\* nicht untersucht, da auch ohne Düngung langjährig Gehaltsklasse E

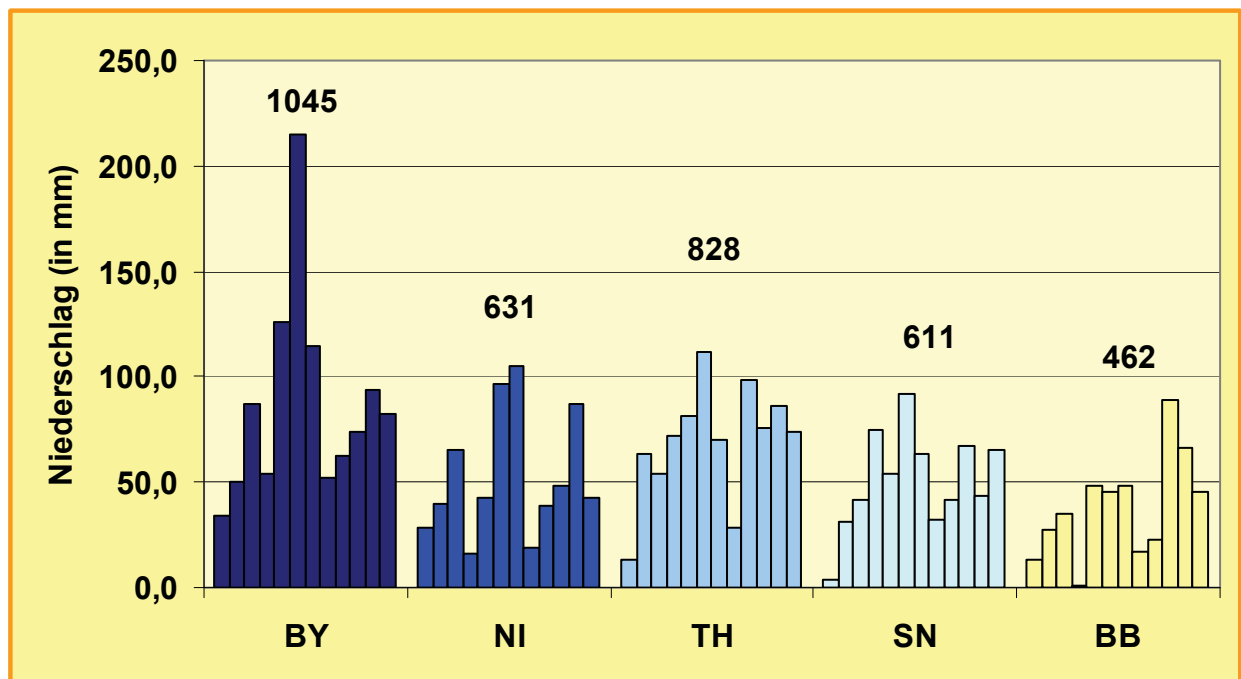
Hierbei wird deutlich, dass die Rohrglanzgraswiese in Brandenburg eine sehr gute Nährstoffversorgung hinsichtlich Phosphor und Magnesium aufweist, gleiches gilt für die Magnesiumversorgung der Goldhaferwiese in Thüringen sowie für die Kalium- und Magnesiumversorgung in Bayern. In Niedersachsen besteht Kaliummangel. Die Böden unter der Feuchtwiese (NI) und Goldhaferwiese (TH), besonders aber unter der Streuwiese (BY), sind deutlich saurer als unter der Rohrglanzgraswiese (BB).

Auch in den klimatischen Verhältnissen unterscheiden sich die Standorte im 2. Versuchsjahr wieder sehr deutlich, wie in der Abbildung 1 dargestellt. Die Niederschlagssumme im Versuchsjahr 2009 ist in etwa vergleichbar mit dem langjährigen Mittel an den Standorten. Nur in Bayern liegt die Summe um 300 mm doch deutlich unter dem langjährigen Mittel. Die durchschnittlichen Jahrestemperaturen liegen an jedem Standort etwa ein Grad Celsius höher als im langjährigen Mittel angegeben.



**Abbildung 1:** Klimaverhältnisse der einzelnen Versuchsstandorte, Temperaturmittel und Niederschlagssummen als langjähriges Mittel (IM) und im 2. Versuchsjahr 2009 (ohne BB)

An allen Standorten war es im Versuchszeitraum deutlich wärmer aber nicht deutlich trockener. Die Verteilung der Niederschläge ist relativ gleichmäßig (s. Abbildung 2).



**Abbildung 2:** Niederschlagsverteilung (in mm) und Jahressumme der Niederschläge an den einzelnen Versuchsstandorten im Versuchsjahr 2009 (aktuelle Daten aus BB fehlen leider noch)

Auffallend sind die hohe Niederschlagsmenge im Juni am bayerischen Standort, die durchgängig niedrigeren Niederschläge im August an allen Standorten und die geringe Niederschlagsmenge im April in Niedersachsen.

Die Probenahme und die Trockensubstanzbestimmung erfolgten an den Standorten selbst. Die bei 60 °C auf Lagerfähigkeit getrockneten Grünlandproben wurden von allen Standorten und Varianten nach Jena (TLL) zur Analyse geschickt.

Die Analysen umfassen folgendes Spektrum:

- Trockensubstanzgehalt
- C, H, N
- P, K, Mg, Ca, S, Na, Si, Al, Fe, Cl, (RFA-Analyse)
- Rohasche, Rohfaser, Rohprotein, Rohfett
- ADF<sub>org</sub>, ADL
- ELOS
- As
- Hg
- Cr<sub>ges</sub>
- Cd, Pb, Ti
- Heizwert (Bombenkalorimeter)
- Quarzanteil (Sandgehalt, säureunlösliche Bestandteile der Asche!)

Der Energiegehalt des Grünfutters wurde mit der Schätzformel (2007) anhand der erweiterten Weender Rohnährstoffe und des ELOS-Wertes berechnet.

Die eingesetzten Parameter in der Formel werden in g/kg TM angegeben.

$$ME = 5,51 + 0,00827 \cdot ELOS - 0,0051 \cdot XA + 0,0251 \cdot XL - 0,00393 \cdot ADF_{org}$$

⇒ dabei liefert 1 MJ ME etwa 0,6 MJ Milchenergie.

Aufgrund der umfangreichen Analysearbeiten werden zu diesem Zeitpunkt nur die Laborergebnisse von 2008 dargestellt, von 2009 liegen noch keine vollständigen Untersuchungsergebnisse vor.

Versuchsbegleitend wurde plangemäß auf allen Standorten eine vegetationskundliche Aufnahme durchgeführt.

Ökonomische Erhebungen werden auf allen Standorten durchgeführt, die Berechnungen hierzu werden im laufenden Versuchsjahr vorgenommen. So kann für diese Projektteile, wie auch für Hochrechnungen des Grünlandpotenzials zur energetischen Verwertung, zunächst nur eine darstellende Beschreibung des Arbeitsstandes erfolgen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Statistik-Programmpaket SAS. Für den Mittelwertsvergleich der Trockenmasseerträge nach Varianten wurde eine multivariate Varianzanalyse (proc glm) gewählt. Die Bestandeshöhen werden anhand ihrer Rohmittelwerte dargestellt. Die Analysen wurden prüfgliedweise durchgeführt, so dass für jede Variante das Ergebnis einer Mischprobe vorliegt und nicht mit den anderen Varianten statistisch verrechnet werden kann. Es sind auch hier die Rohmittelwerte dargestellt.



### 3. Ergebnisse aus 2009

#### 3.1 Vegetationskundliche Aufnahmen

Die vegetationskundliche Aufnahme hat 2008 eine erste Definition der Flächen anhand der tatsächlich vorkommenden Arten ergeben. Demnach handelt es sich wie angestrebt bei den Versuchsflächen um folgende Typen:

NI-Elsfleth:	Seggenried (artenarm)	Kürzel:	SR
BB-Ebereschenhof:	Rohrglanzgraswiese (Dominanzbestand)		RG
SN-Oelsnitz:	Kohldistelwiese (mit Mädesüß überprägt)		KD
TH-Oberweißbach:	Goldhaferwiese (typische Ausprägung)		GH
BY-Immenstadt:	Streuwiese (sehr artenreich)		SW

Die nachfolgenden Ergebnisdarstellungen beziehen sich auf die Vegetationstypen, so dass in den Grafiken die o.g. Kürzel verwendet werden.

Veränderungen in der Vegetation in 2009 gegenüber 2008 gibt es in Sachsen auf der Kohldistelwiese, wo der Anteil Gräser zugenommen und um den Anteil des Gräserzuwachses der Anteil an Mädesüß abgenommen hat. Entgegengesetzt dazu ist in Bayern auf der Streuwiese der Kräuteranteil weiter gestiegen und der Gräseranteil gesunken. Der Leguminosenanteil ist relativ konstant geblieben. In Niedersachsen auf dem Groß-Seggenried und in Brandenburg auf der Rohrglanzgraswiese besteht eine unveränderte Gräserdominanz (s. Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Typische Ausprägung der Vegetation der Versuchsfläche in Brandenburg, Rohrglanzgrasbestand in Ebereschenhof bei Nauen

Auch in Thüringen bleibt 2009 eine unveränderte, artenreiche Goldhaferwiese bestehen (s. Abbildung 4).



**Abbildung 4:** Typische Vegetation der Versuchsfläche in Thüringen, Goldhaferwiese Oberweißbach

Die Artentabellen der einzelnen Standorte ergeben nach einem Jahr keine offensichtlichen Unterschiede, deshalb wird in diesem Jahr auf eine Darstellung im Anhang verzichtet.

## **3.2 Standortergebnisse**

### **3.2.1 Thüringen: Goldhaferwiese GH**

Der Versuch befindet sich in einer Mittelgebirgslage, 690 m ü. NN, am Nordhang mit mittlerer Neigung. Die Bestände stehen auf saurer Schieferschutt-Braunerde, was sich auch im niedrigen pH-Wert der Bodenuntersuchungen widerspiegelt. Das Versuchsjahr 2009 begann in Oberweißbach sehr kalt, wurde dann deutlich milder, blieb aber schneereich. Eine geschlossene Schneedecke lag noch bis Mitte März vor. Der Vegetationsbeginn wurde am 09.04.2009 eingetragen.

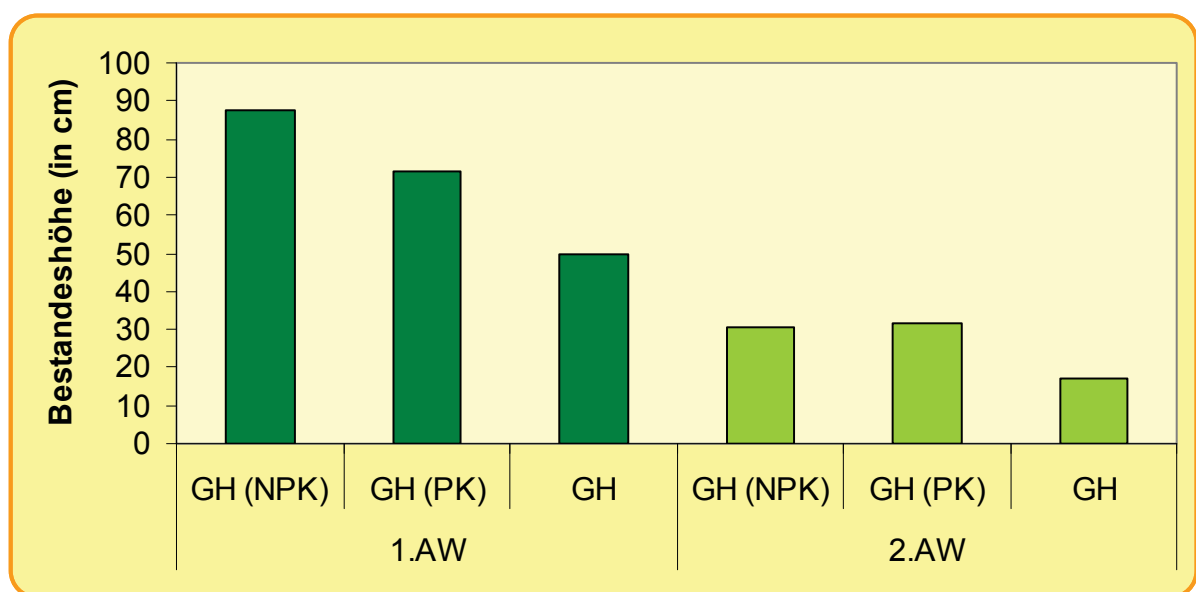




**Abbildung 5:** Versuchsfläche in Thüringen, Goldhaferwiese bei Oberweißbach

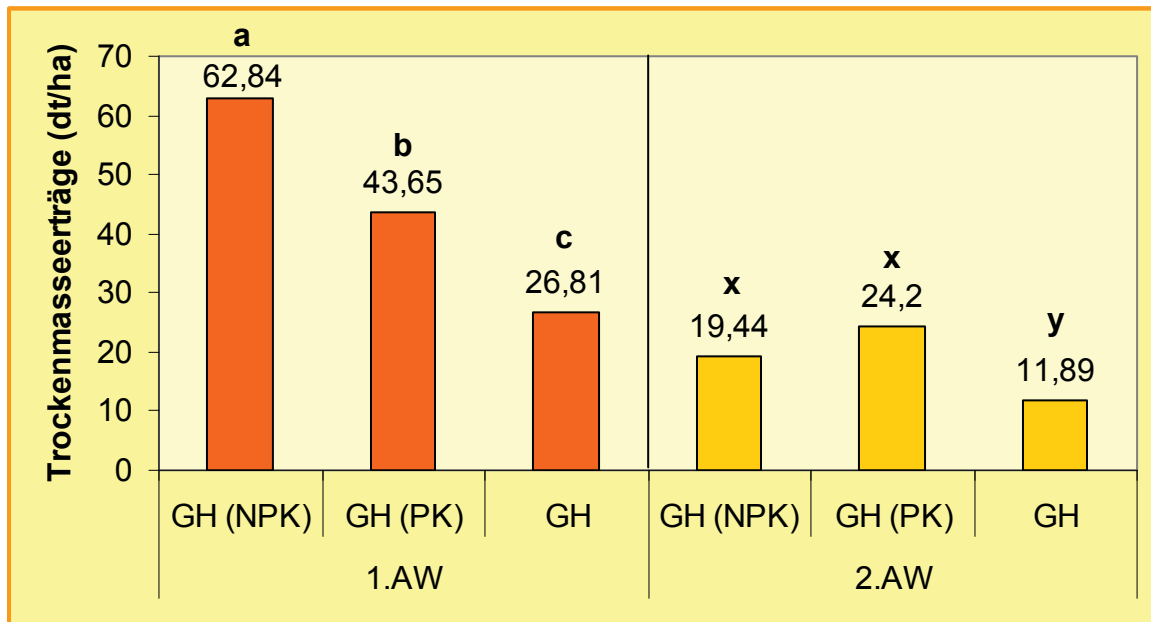
Der erste Schnitt wurde in den Varianten eins bis drei einheitlich am 24.06.09 in einem trockenen Bestand durchgeführt, dabei befanden sich die Gräser als Leitkultur im Entwicklungsstadium 71 bis 77 (Fruchtentwicklung). Die Bestandeshöhen schwankten in den Varianten zum Zeitpunkt der Ernte von 50 bis 88 cm, wobei die Variante eins den höchsten Bestand aufwies (s. Abbildung 6).

Der zweite Aufwuchs der Varianten eins bis drei wurde zeitgleich am 31.08.09 geerntet. Diese Varianten befanden sich im BBCH-Stadium 89 (Vollreife) und wiesen Bestandeshöhen von 17 bis 32 cm auf.



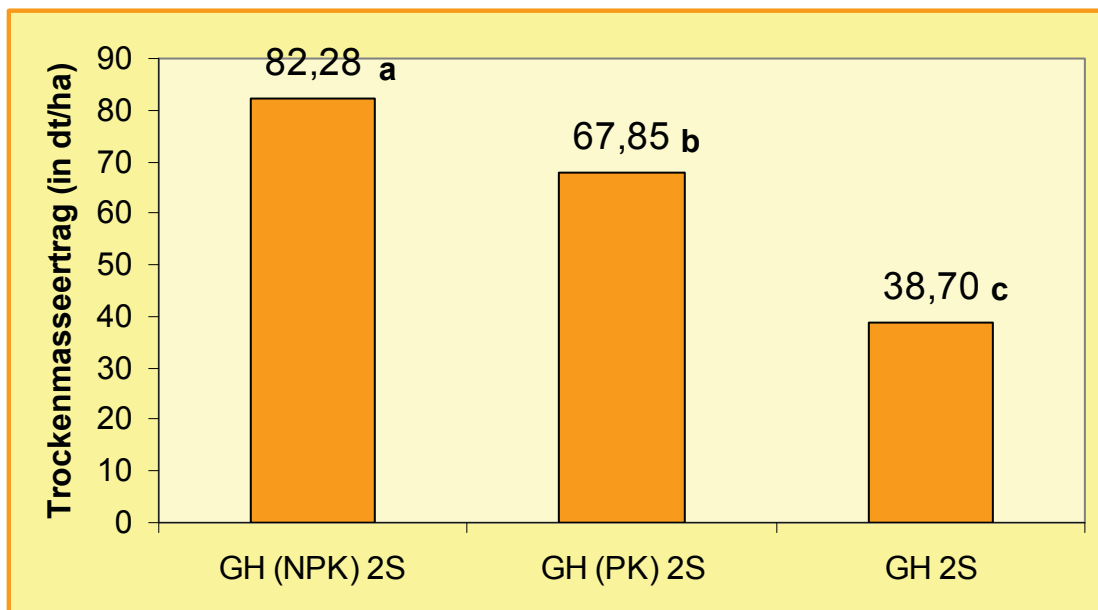
**Abbildung 6:** Bestandeshöhen (in cm) der Goldhaferwiese (GH) zu den verschiedenen Ernteterminen und bei den unterschiedlichen Varianten (wobei NPK, PK = die entsprechende Düngung)

Deutlich wird hier der positive Düngungseinfluss auf die Bestandesbildung, der sich auch in den Trockenmasseerträgen wiederfindet (s. Abbildung 7). Hierbei lassen sich die Unterschiede zwischen den Trockenmasseerträgen der ersten drei Varianten signifikant im ersten Aufwuchs mit  $p \leq 0,05$  absichern. Die Unterschiede im zweiten Aufwuchs sind zwischen den gedüngten Varianten und der ungedüngten Variante mit  $p \leq 0,05$  statistisch nachweisbar.



**Abbildung 7:** Trockenmasseerträge (dt/ha) der Goldhaferwiese (GH) in den verschiedenen Varianten (wobei NPK, PK = die entsprechende Düngung), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $p \leq 0,05$

Die Jahreserträge zeigen ein entsprechendes Bild, wobei sich hier der Düngungseffekt noch deutlicher gegenüber der nicht gedüngten Variante erkennen lässt (s. Abbildung 8).

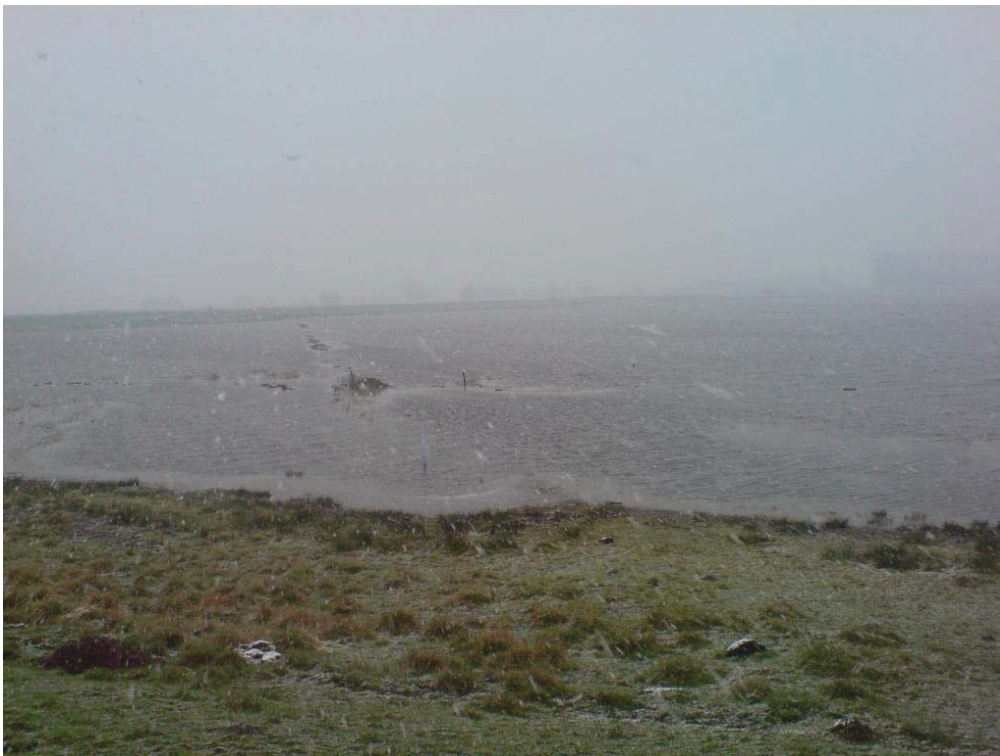


**Abbildung 8:** Jahres-Trockenmasseerträge (dt/ha) der Goldhaferwiese (GH) in den verschiedenen Varianten (wobei NPK, PK = die entsprechende Düngung, 2S = 2-

schnittig), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $p \leq 0,05$

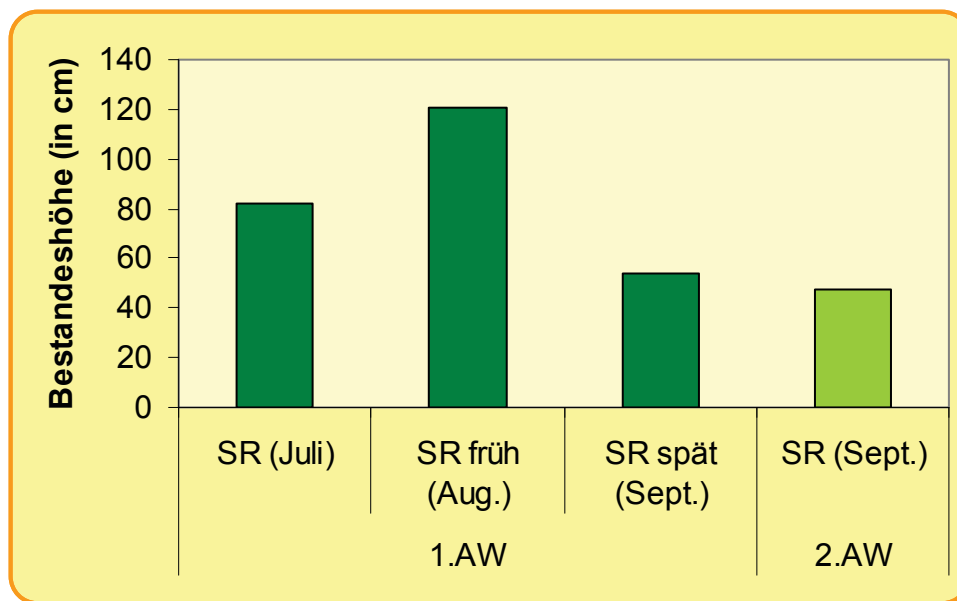
### 3.2.2 Niedersachsen: Groß-Seggenried SR

Der Versuch befindet sich auf einem Flussmarschstandort. Geprägt sind diese nährstoffreichen, schweren Böden durch regelmäßige Überschwemmungen des Flusses Hunte (s. Abbildung 9), denen mit jeder Überschwemmung Nährstoffe zugeführt werden. Die geringe Höhenlage in Verbindung mit dem hohen Wasserstand erschwert hier ein intensives Bewirtschaften. Diese absoluten Dauergrünlandflächen sind heute eingedeicht zu einem so genannten Polder, der im ungünstigsten Fall schon im Oktober überschwemmt sein kann. Der gesamte Polder wurde unter Naturschutz gestellt. Vorrangig geht es hier um den Wiesenbrutvogelschutz. Bedingt dadurch gibt es die Auflage, nicht vor dem 1. Juli schneiden zu dürfen. Gleichwohl ist eine jährliche Schnittnutzung bzw. Beweidung mit geringer Besatzdichte erforderlich, um die Offenhaltung dieser Landschaft zu gewährleisten.



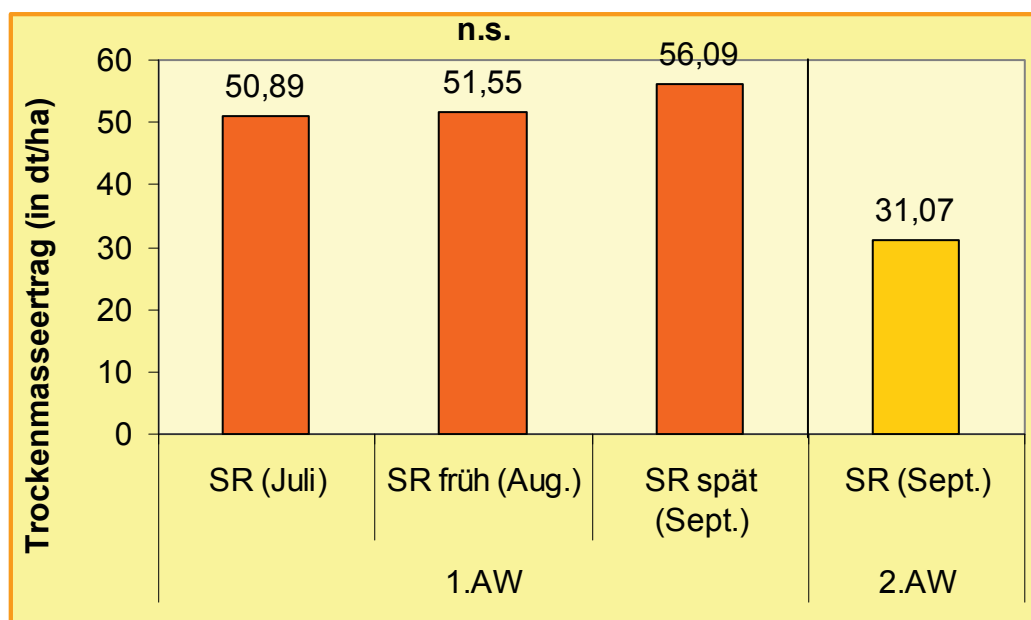
**Abbildung 9:** Überflutete Versuchsfläche in Niedersachsen, Seggenried in einem Polder bei Oldenburg, 25.März 2009

Die erste Ernte erfolgte bei der 2 Schnitt-Variante am 01.07.09 zu BBCH 45 (Ähren-/Rispen-schwellen), in der einschnittigen, frühen Nutzung am 04.08.09 zu BBCH 65 (Mitte der Blüte), in der einschnittigen, späten Nutzung am 23.09.09 zu BBCH 65 (Mitte der Blüte), zeitgleich mit dem 2. Ernteschnitt der ersten Variante zu BBCH 45 (Ähren-/Rispen-schwellen). Die Bestandeshöhen zur Ernte sind in Abbildung 10 dargestellt und liegen in den verschiedenen Varianten zwischen 47 und 120 cm. Es zeigt sich eine geringere, durchschnittliche Bestandeshöhe bei sehr frühem oder sehr späterem Erntetermin. Der zweite Aufwuchs der ersten Variante erreicht fast das Niveau der späten Einnutzungsvariante.



**Abbildung 10:** Bestandeshöhen (in cm) des Seggenrieds (SR) zu den verschiedenen Ernteterminen und bei den unterschiedlichen Varianten

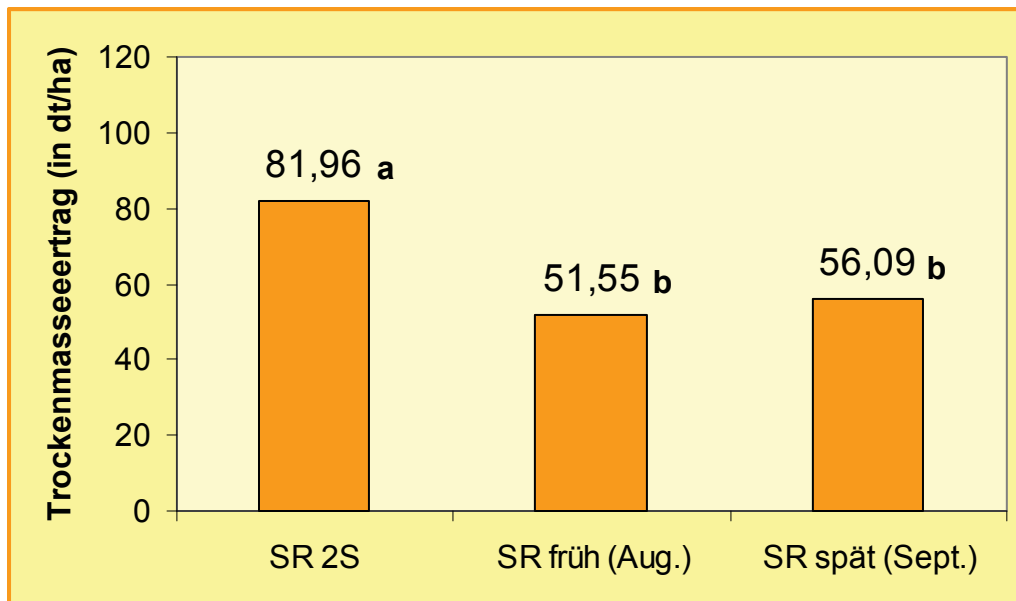
Ein Zusammenhang der Bestandeshöhen und der Entwicklung der Trockenmasseerträge der verschiedenen Varianten ist hier jedoch nicht festzustellen (s. Abbildung 11). Tendenziell hat die späte Einschnittvariante den höchsten Trockenmasseertrag im ersten Aufwuchs. Der Mehrertrag von etwa 5 dt lässt sich jedoch statistisch nicht absichern. Der zweite Aufwuchs der ersten Variante erreicht auch in diesem Jahr mit 31 dt TM/ha ein gutes Niveau.



**Abbildung 11:** Trockenmasseerträge (dt/ha) des Seggenrieds (SR) in den verschiedenen Varianten, wobei n.s. = nicht signifikant bei  $p \leq 0,05$

Die Betrachtung der Jahreserträge in Abbildung 12 verdeutlicht den nachweislichen Mehrertrag der Zweischnitt-Variante auf dieser Fläche.





**Abbildung 12:** Jahres-Trockenmasseerträge (dt/ha) des Seggenrieds (SR) in den verschiedenen Varianten (wobei 2S = 2-schnittig), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $p \leq 0,001$

### 3.2.3 Sachsen: Kohldistelwiese KD

Der Versuch liegt auf einer brach gefallenen und vom Mädesüß dominierten Kohldistelwiese in Oelsnitz (Vogtland). Die Lage kann aus der Abbildung 13 entnommen werden.

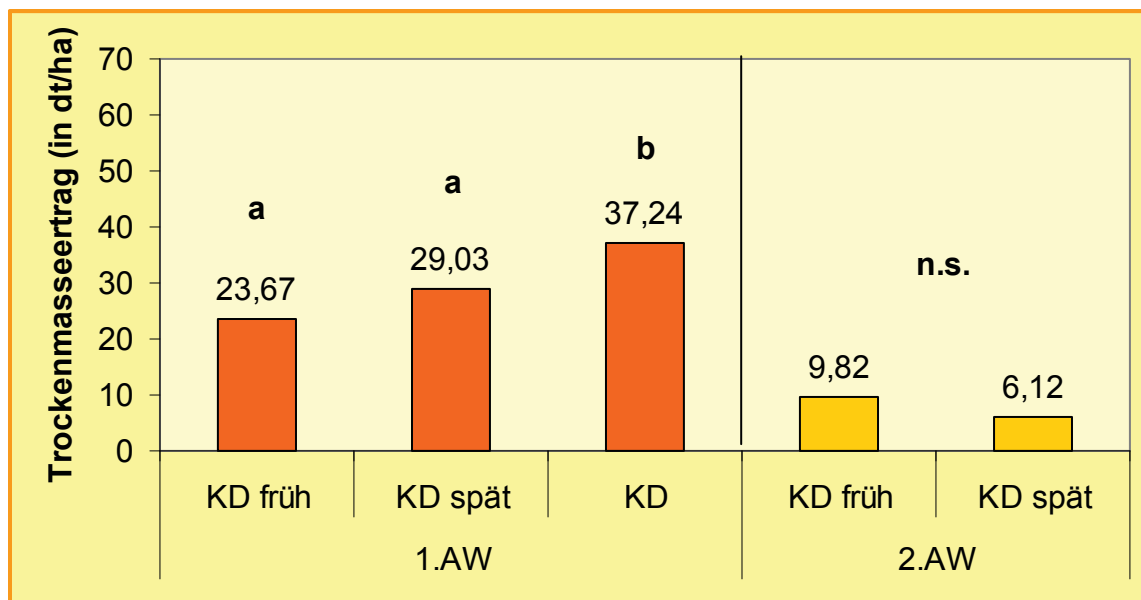


**Abbildung 13:** Versuchsfläche in Sachsen, Kohldistelwiese mit Mädesüß überprägt, Oelsnitz (Vogtland)

Die Beerntungen erfolgten gemäß den Varianten in der frühen Zweischnittvariante am 01.07.09 (BBCH 69 „Ende der Blüte“) und 29.09.09 (BBCH 41 – 89, keine Leitkultur), in der

späten Zweischnittvariante am 30.07.09 (BBCH 91 „Absterben“) und 22.10.09 (BBCH 41 – 89, keine Leitkultur). Die Einschnittvariante wurde am 23.08.09 im BBCH-Stadium 97 (Ende des Blattfalles) beerntet. Die Bestände zeichneten sich durch eine sehr ausgeglichene Höhenstruktur von 130 cm zu den ersten Schnitten bzw. den Einschnittvarianten sowie 25 cm bei den zweiten Aufwüchsen aus, so dass an dieser Stelle auf eine grafische Darstellung verzichtet wird.

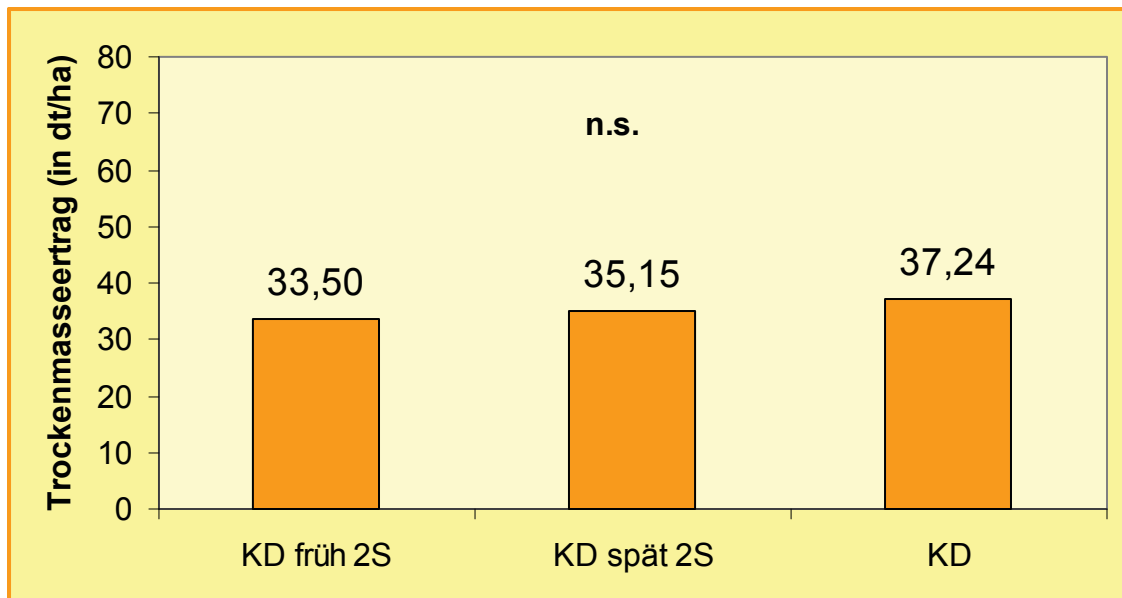
Die Erträge der unterschiedlichen Varianten und Aufwüchse sind in Abbildung 14 dargestellt und zeigen signifikante Unterschiede im ersten Aufwuchs zwischen den Zweischnitt- und der Einschnittvariante. Kein Unterschied lässt sich zwischen den ersten Aufwüchsen der beiden Zweischnittvarianten absichern, wobei die spätere Variante einen tendenziellen Mehrertrag von etwa 5 dt TM/ha erreicht. Die zweiten Aufwüchse unterscheiden sich zwischen den Varianten auch nicht nachweisbar, obwohl die frühere Variante diesmal tendenziell einen höheren Ertrag erzielt.



**Abbildung 14:** Trockenmasseerträge (dt/ha) der Kohldistelwiese in den verschiedenen Varianten, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $p \leq 0,05$ , n.s. = nicht signifikant bei  $p \leq 0,05$

Aufgrund der geringen Erntemengen der zweiten Aufwüchse, verändern sich die Relationen der Varianten zueinander anhand der Jahreserträge nicht, lassen sich jedoch nicht mehr signifikant nachweisen. Den höchsten Trockenmasseertrag erreicht somit die Einschnittvariante (s. Abbildung 15).





**Abbildung 15:** Jahres-Trockenmasseerträge (dt/ha) der Kohldistelwiese (KD) in den verschiedenen Varianten (wobei 2S = 2-schnittig, n.s. = nicht signifikant bei  $p \leq 0,05$ )

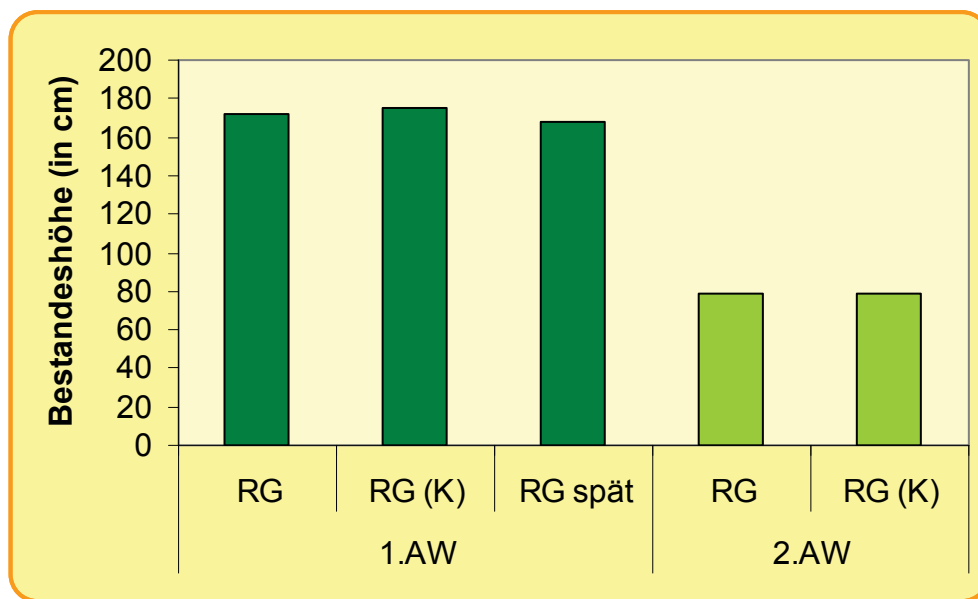
### 3.2.4 Brandenburg: Rohrglanzgraswiese RG

Der Versuchsstandort befindet sich in der Gemarkung Ebereschenhof, Stadt Nauen im Landkreis Havelland. Der Boden ist ein Niedermoor über Talsand mit einer Moorauflage von 30 cm. Der Standort ist ein grundwassernahes, flachgründiges Niedermoor ohne Sanddurchragungen. Im Frühjahr sind regelmäßig und im Sommer nach Starkniederschlägen Staunässeerscheinungen festzustellen. Die Versuchsfläche ist in Abbildung 16 im Ausschnitt zu sehen.



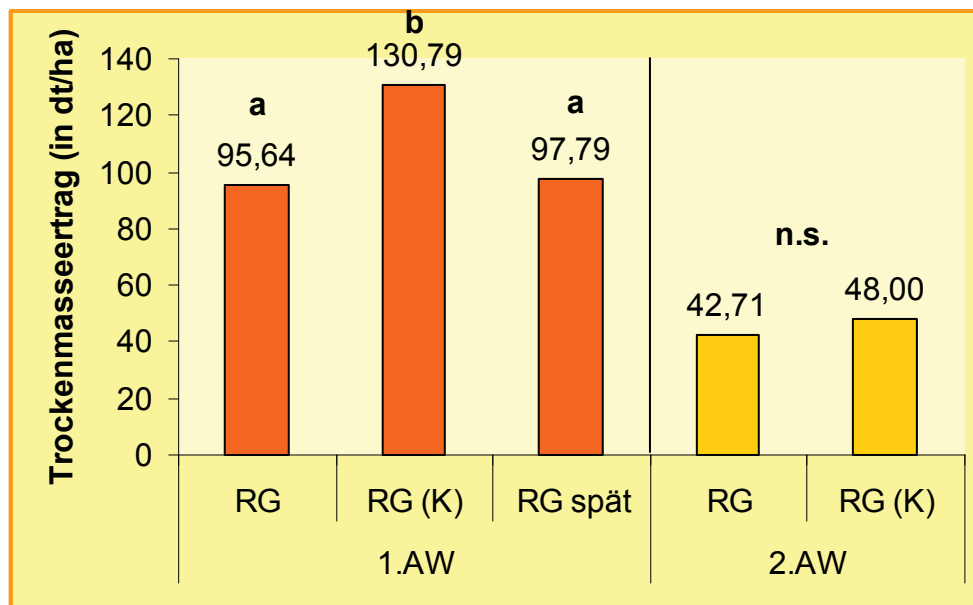
**Abbildung 16:** Versuchsfläche in Brandenburg, Rohrglanzgras in Ebereschenhof bei Nauen

Die beiden Zweischnitt-Varianten (mit und ohne K-Düngung) wurden zeitgleich am 12.06.2009 im BBCH-Stadium 65 (in der Blüte) beerntet. Die Bestandeshöhen betrugen in beiden Varianten 173 und 175 cm (s. Abbildung 17). Der jeweils zweite Aufwuchs wurde im BBCH 34 (im Schossen) am 25.09.09 geerntet. Die Bestandeshöhe erreichte hier Werte von etwa 79 cm. Die Ernte der Einschnitt-Variante wurde, zeitgleich mit den zweiten Aufwüchsen der ersten beiden Varianten, am 25.09.2009, bei BBCH 90 (nach der Vollreife, bis 30 % abgestorben) in Bestandeshöhen von durchschnittlich 168 cm durchgeführt. In keinem der Bestände trat eine Lagerbildung auf. Die spätere Variante der Einschnittnutzung erreichte hier also einen nahezu gleich hohen und genauso stabilen Pflanzenbestand wie die mehrschnittigen Varianten im ersten Aufwuchs.



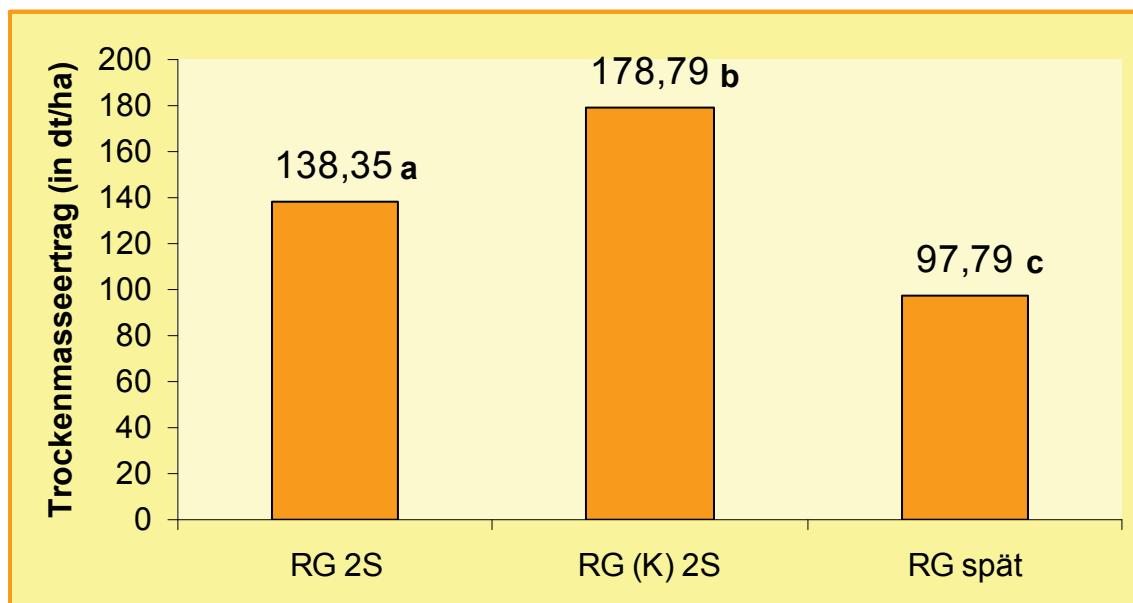
**Abbildung 17:** Bestandeshöhen (in cm) der Rohrglanzgraswiese (RG) zu den verschiedenen Ernteterminen und bei den unterschiedlichen Varianten 2009

Die Bestandeshöhen spiegeln hier jedoch nicht die Dichte des Bestandes wider. In Abbildung 18 ist der deutliche Düngungsvorteil der Zweischnittvariante zu erkennen, mit einem Mehrertrag beim ersten Schnitt von etwa 35 dt TM/ha gegenüber der zweischnittigen ungedüngten Variante im ersten Aufwuchs und von etwa 33 dt TM/ha gegenüber der einschnittigen Spätschnittvariante. Dieser Mehrertrag ist statistisch hochsignifikant ( $p \leq 0,001$ ) absicherbar. Die Zweiten Aufwüchse der beiden Zweischnittvarianten unterscheiden sich nicht signifikant bei  $p \leq 0,05$ , wobei jedoch auch hier die gedüngte Variante tendenziell ertragreicher ist.



**Abbildung 18:** Trockenmasseerträge (dt/ha) der Rohrglanzgraswiese in den verschiedenen Varianten 2009, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $p \leq 0,001$

Die Relationen der Varianten zueinander verschieben sich erneut bei der Betrachtung der Jahreserträge. Zwischen der ersten (ungedüngten) Zweischnittvariante und der zeitgleich geernteten zweiten (gedüngten) Variante bleiben die signifikanten Unterschiede im Ertrag bestehen (s. Abbildung 19), wobei die gedüngte Variante insgesamt einen Mehrertrag von etwa 40 dt TM/ha erreicht.



**Abbildung 19:** Jahres-Trockenmasseerträge (dt/ha) der Rohrglanzgraswiese in den verschiedenen Varianten (wobei K = Kali-Düngung, 2S = 2-schnittig), unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $p \leq 0,001$

Die dritte Variante, die späte Einschnittvariante, unterscheidet sich jetzt nicht nur von der zweiten (gedüngten) sondern auch von der ersten (ungedüngten) Zweischnittvariante signifikant mit  $p \leq 0,001$ . Variante eins weist gegenüber Variante drei einen Jahres-Mehrertrag von gleichfalls etwa 40 dt TM/ha auf, Variante zwei demnach genau von 81 dt TM/ha.

### 3.2.5 Bayern: Streuwiese SW

Der Versuch wurde am 14.07.2008 mit den entsprechenden Varianten angelegt (s. Abbildung 20).

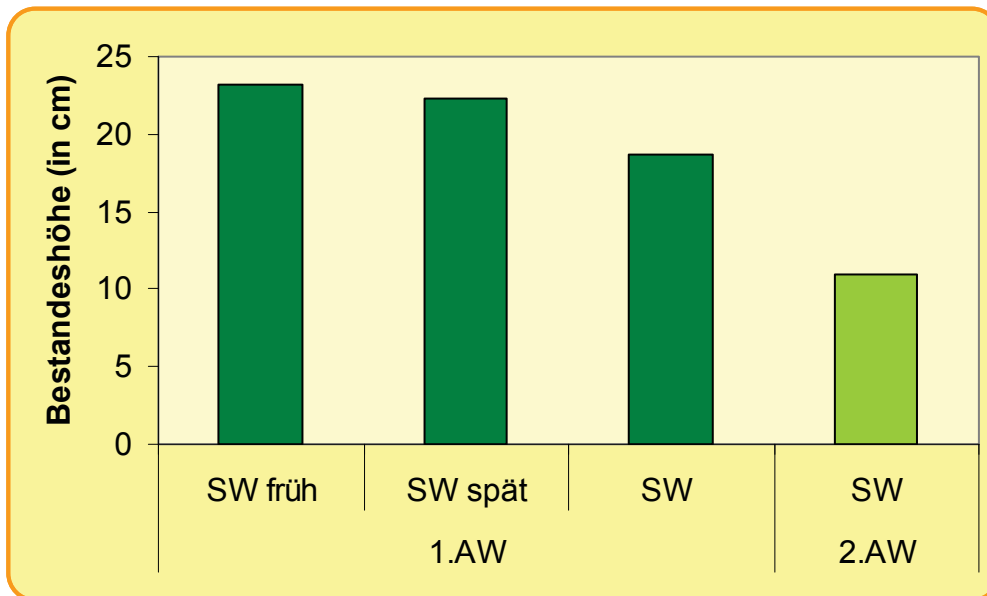


Foto: Wosnitza, LfL 2009

**Abbildung 20:** Versuchsfläche in Bayern, Streuwiese in Immenstadt

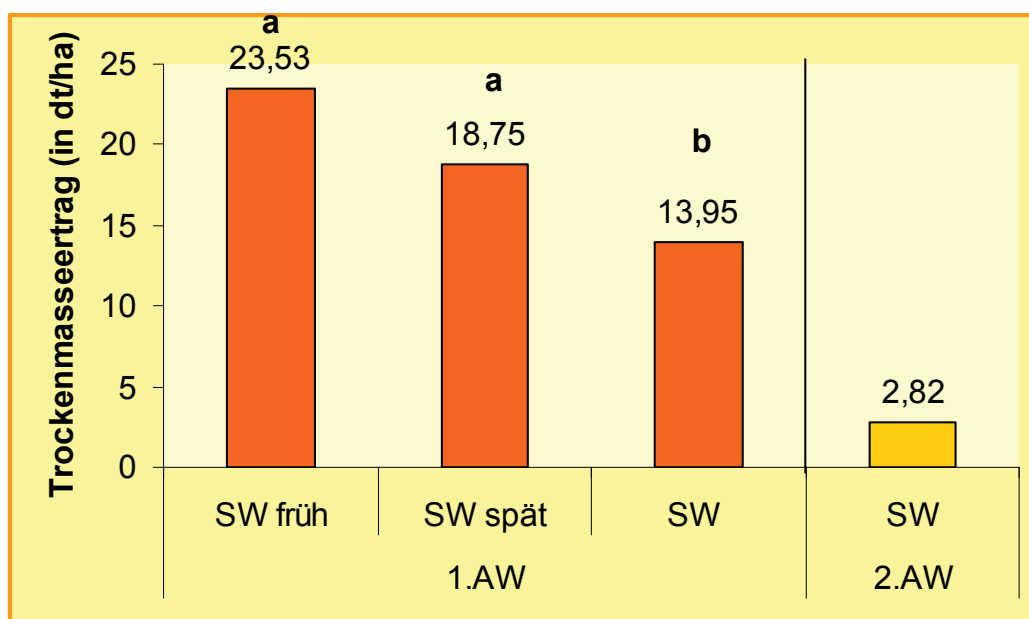
Die Ernte der zweischnittigen Variante erfolgte im zweiten Versuchsjahr am 21.07.09 zum 1. Aufwuchs bei einer durchschnittlichen Bestandeshöhe von 19 cm und am 15.09.09 zum 2. Aufwuchs bei einer Bestandeshöhe von 11 cm (s. Abbildung 21). Die frühe Einschnitt-Variante wurde am 26.08.09 mit einer Bestandeshöhe von etwa 23 cm beerntet und die späte Einschnitt-Variante am 15.09.09 mit einer etwa gleich hohen Bestandeshöhe von etwa 22 cm. Da der Streuwiesenbestand sehr artenreich ist, ließ sich keine Leitkultur ermitteln und demnach auch kein BBCH-Stadium, das den Bestand zur Ernte passend beschrieben hätte.





**Abbildung 21:** Bestandeshöhen (in cm) der Streuwiese (SW) zu den verschiedenen Ernteterminen und bei den unterschiedlichen Varianten 2009

Der Bestand war in der frühen Einschnittvariante etwas höher als in der späten Einschnittvariante, beide aber deutlich höher als beim ersten Aufwuchs der Zweischnittvariante. Gleiche Relationen zeigen sich zwischen den Trockenmasseerträgen der Varianten und Aufwüchse (s. Abbildung 22), die sich zwischen dem ersten Aufwuchs der zweischnittigen und dem Aufwuchs der einschnittigen Varianten auch statistisch absichern lassen.



**Abbildung 22:** Trockenmasseerträge (dt/ha) der Streuwiese (SW) in den verschiedenen Varianten, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit  $p \leq 0,01$

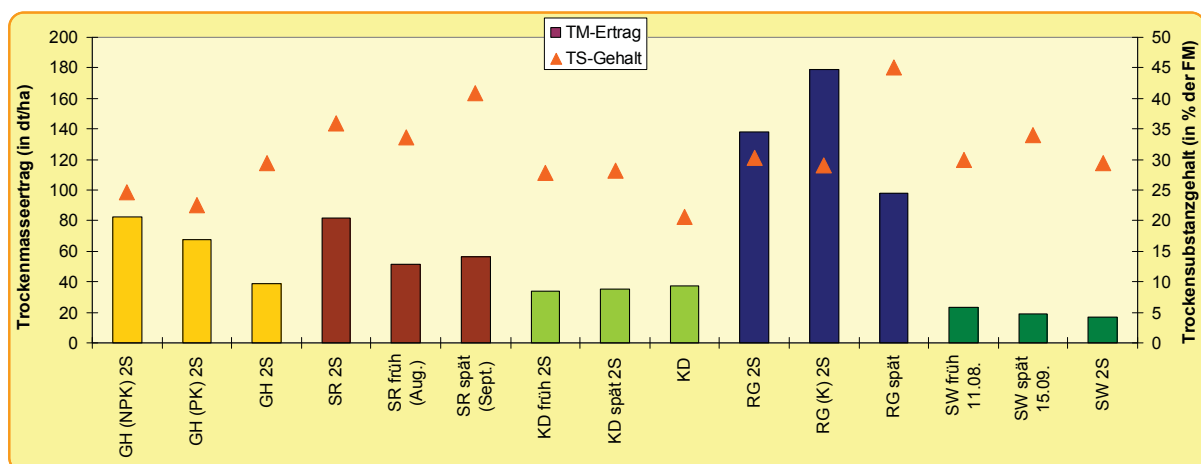
Die Unterschiede im Trockenmasseertrag lassen sich in den Jahreserträgen nicht mehr statistisch absichern (s. Abbildung 23), die Tendenzen bleiben aber erhalten. Somit bleibt die frühe Einschnittvariante mit etwa 5 dt TM/ha Mehrertrag am ertragreichsten.



**Abbildung 23:** Jahres-Trockenmasseerträge (dt/ha) der Streuwiese in den verschiedenen Varianten (wobei 2S = 2-schnittig, n.s. = nicht signifikant mit  $p \geq 0,05$ )

### 3.2.6 Gesamtbetrachtung 2009

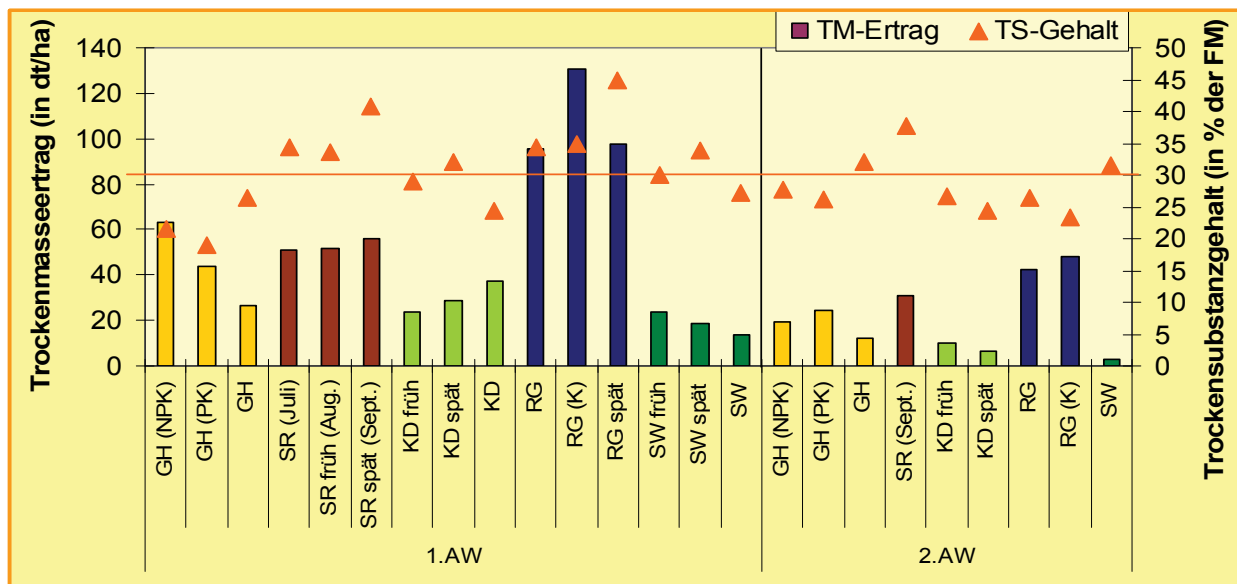
Da bei den Grünlandaufwüchsen mit dem Zweck der Verbrennung der Trockensubstanzgehalt, neben dem Biomassepotenzial, das entscheidende Kriterium ist, sind in der folgenden Abbildung 24 zur besseren Übersicht nochmals alle Jahreserträge der Vegetationstypen mit den durchschnittlichen Trockensubstanzgehalten der Varianten dargestellt. Grundsätzlich gilt, je höher der Trockensubstanzgehalt im Erntegut, desto weniger Zeit und Aufwand benötigt das Verfahren, um Heu als Verbrennungsmaterial zur Verfügung zu stellen.



**Abbildung 24:** Jahreserträge 2009 (in dt/ha) und durchschnittliche Trockensubstanzgehalte (in % der FM) der verschiedenen Grünlandtypen und Varianten an den Versuchsstandorten

Abbildung 24 verdeutlicht das unterschiedliche Biomassepotenzial der einzelnen Typen. Im Mittel über die jeweiligen Standortvarianten erreicht die Streuwiese lediglich einen Biomasseertrag von knapp 20 dt TM/ha und ist damit mit Abstand der ertragschwächste Standort. Zudem erreichen die Aufwüchse einen Trockensubstanzgehalt von etwa 31 %, so dass diese Aufwüchse noch als silierfähig einzustufen sind. In der Höhe des Biomasseertrages folgend, ist die Kohldistelwiese mit durchschnittlich etwa 35 dt TM/ha noch ertragreicher, wobei der Trockensubstanzgehalt bei etwa 26 % der FM, für die Verbrennung auf sehr niedrigem Niveau, liegt. Die nächst ertragreicheren Grünlandtypen im Versuch sind das Groß-Seggenried und die Goldhaferwiese mit jeweils etwa 63 dt TM/ha Jahresertrag. Der TS-Gehalt steigt erwartungsgemäß mit fortschreitender Pflanzenentwicklung an. Mit der Spätschnittvariante im Seggenried wird der zweithöchste TS-Gehalt im Erntegut und im gesamten Versuch, mit 43,4 % in der Frischmasse erreicht. Beim Goldhafer beträgt der höchste Trockensubstanzgehalt lediglich 29 % der Frischmasse. Die absolute Spitze im Biomassebildungspotenzial dieser extensiven Grünlandtypen bildet das Rohrglanzgras mit 138 dt TM/ha im Mittel der Varianten! Auch hier nimmt die TS-Entwicklung mit zunehmendem Pflanzenalter zu und erreicht in der einschnittigen Spätschnittvariante einen Gehalt von 45 % TS in der FM.

Betrachtet man nun die einzelnen Aufwüchse, da die zweiten Aufwüchse meist mit einem wesentlich geringeren TS-Gehalt geerntet worden sind, so ergeben sich die in Abbildung 25 dargestellten Relationen. Hierbei ist zu erkennen, dass die zweiten Aufwüchse zwar innerhalb des Typs geringere TS-Gehalte aufweisen, aber im Vergleich zu anderen Typen z.T. höhere TS-Gehalte haben als die Varianten in der Einschnittnutzung. Zeigt sich außerdem ein so starkes Ertragspotenzial wie bei der Rohrglanzgraswiese, lohnt sich auch eine Trocknung zum verbrennungswürdigen Heu. Bei Ertragsmengen von unter 5 dt TM/ha ist keine Nutzungswürdigkeit gegeben.



**Abbildung 25:** Erträge der einzelnen Aufwüchse (in dt/ha) sowie durchschnittliche Trockensubstanzgehalte (in % der FM) der verschiedenen Grünlandtypen und Varianten an den Versuchsstandorten

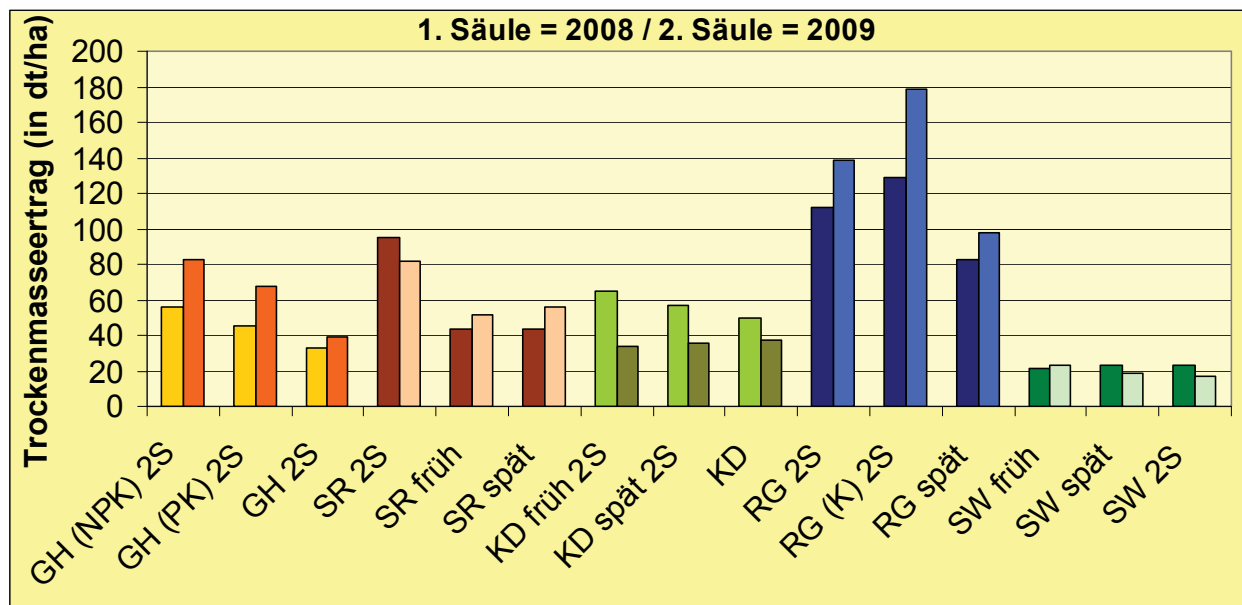
Grundsätzlich zeigt sich auch in diesem Versuchsjahr eine gewisse Vorzüglichkeit einiger Grünlandtypen, wie die Rohrglanzgraswiese, aber auch das Groß-Seggenried und die zwei-

schnittige, gedüngte Nutzungsvariante des Goldhafers für die Produktion von Biomasse zur thermischen Verwertung. Hierzu bedarf es jedoch noch einer umfassenden ökonomischen Betrachtung und der Hinzuziehung der noch ausstehenden Laborergebnisse, also die Beurteilung der Brennstoffeigenschaften über die Versuchsjahre, des erwartungsgemäß sehr differenzierten Probenmaterials.

## 4. Gesamtbewertung und Diskussion der 2 Versuchsjahre

### 4.1 Biomasse-Erträge

Stellt man nun die Jahreserträge der einzelnen Vegetationstypen und Varianten gegenüber (s. Abbildung 26), so wird deutlich, dass sich das Biomassepotenzial der Goldhafer- und der Rohrglanzgraswiese im zweiten Versuchsjahr auf ein noch höheres Niveau steigern konnte, bei gleichen Relationen der Varianten zueinander. Das Seggenried, mit der Zweischnittvariante auch auf hohem Niveau, blieb dagegen in seiner Potenzialeistung nahezu konstant. Dies gilt auch für die Streuwiese, die jedoch auch im zweiten Versuchsjahr keine Steigerung der Erträge erzielen konnte. Bei der Kohldistelwiese war die Ertragsleistung sogar stark rückläufig.

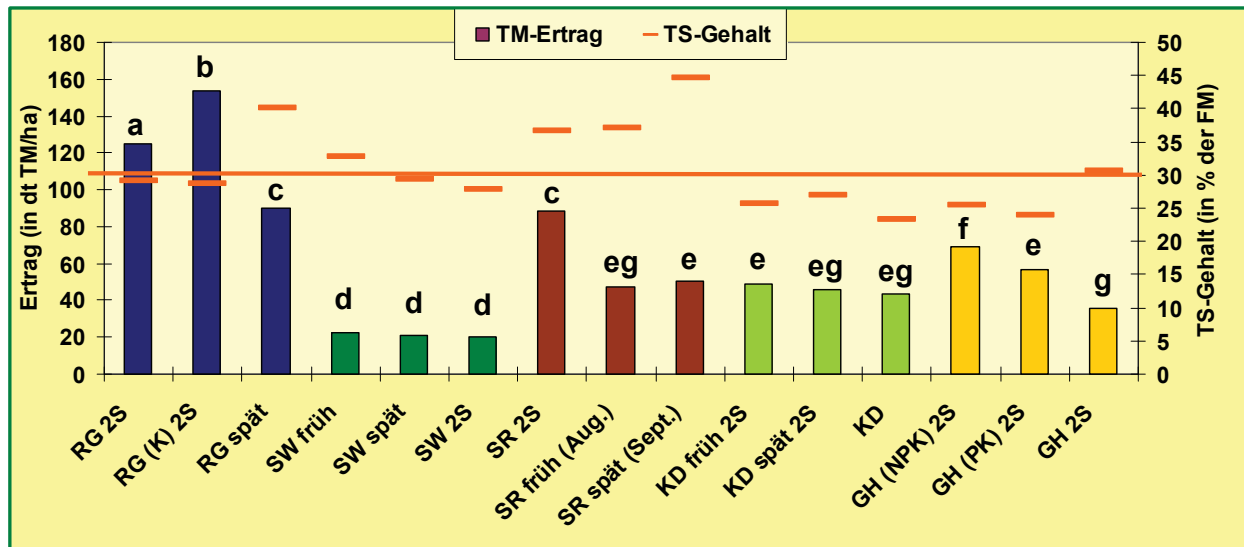


**Abbildung 26:** Jahreserträge 2008 und 2009 (in dt TM/ha) der verschiedenen Grünlandtypen und Varianten

Als Durchschnitt über die betrachteten Jahre ergibt sich das in Abbildung 27 dargestellte Verhältnis der Trockenmasseerträge der Varianten und Grünlandtypen zueinander. Das Rohrglanzgras weist mit Abstand das höchste Biomassepotenzial auf, gefolgt von dem Seggenried und dem Goldhafer sowie der Kohldistelwiese und als ertragsschwächsten Standort die Streuwiese. Das Seggenried und die Spätschnittvariante des Rohrglanzgrases erreichen die höchsten Trockensubstanzgehalte im Erntegut, alle anderen Typen und Varianten sind mit einem TS-Gehalt von etwa 30 % in der FM als noch silierfähig einzustufen. Hinsichtlich des Biomassepotenziales ist den zweischnittigen bzw. gedüngten Varianten der Vorzug zu geben. Bei der Streuwiese und der Kohldistelwiese lohnt eine Zweischnittvariante gegenüber



einer einschnittigen Spätschnittvariante allerdings nicht. Bei beiden Varianten wird hier in etwa der gleiche Trockenmasseertrag erreicht.



**Abbildung 27:** Jahreserträge (in dt/ha) und durchschnittliche Trockensubstanzgehalte (in % der FM) der verschiedenen Grünlandtypen und Varianten an den Versuchstandorten gemittelt über die Jahre 2008 und 2009, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Ertragsunterschiede mit  $p \leq 0,05$

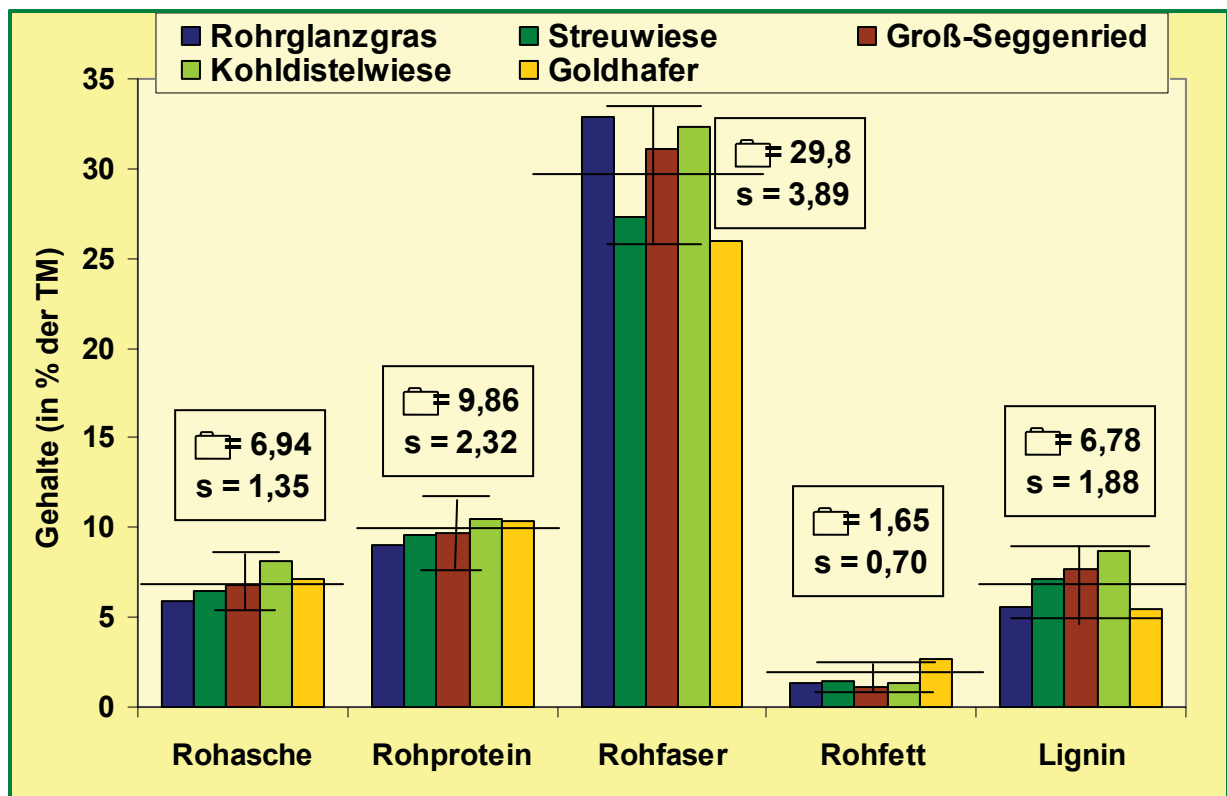
## 4.2 Biomasseeigenschaften (Inhaltsstoffe, nur 2008, einjährig)

Da die Inhaltsstoffe prüfgliedweise untersucht wurden, werden hier die Rohmittelwerte dargestellt und verglichen. Eine statistische Verrechnung war nicht möglich.

Zur Charakterisierung des Erntegutes werden zunächst die typischen Futterparameter herangezogen, d.h. die Weender Rohnährstoffe und die Verdaulichkeit anhand der enzymlöslichen, organischen Substanz im Pflanzenmaterial sowie der aus den Inhaltsstoffen berechnete Energiegehalt. Anschließend werden die Nähr- und Mineralstoffe sowie die Spurenelemente und Schwermetalle dargestellt.

### 4.2.1 Beurteilung nach Futterwert

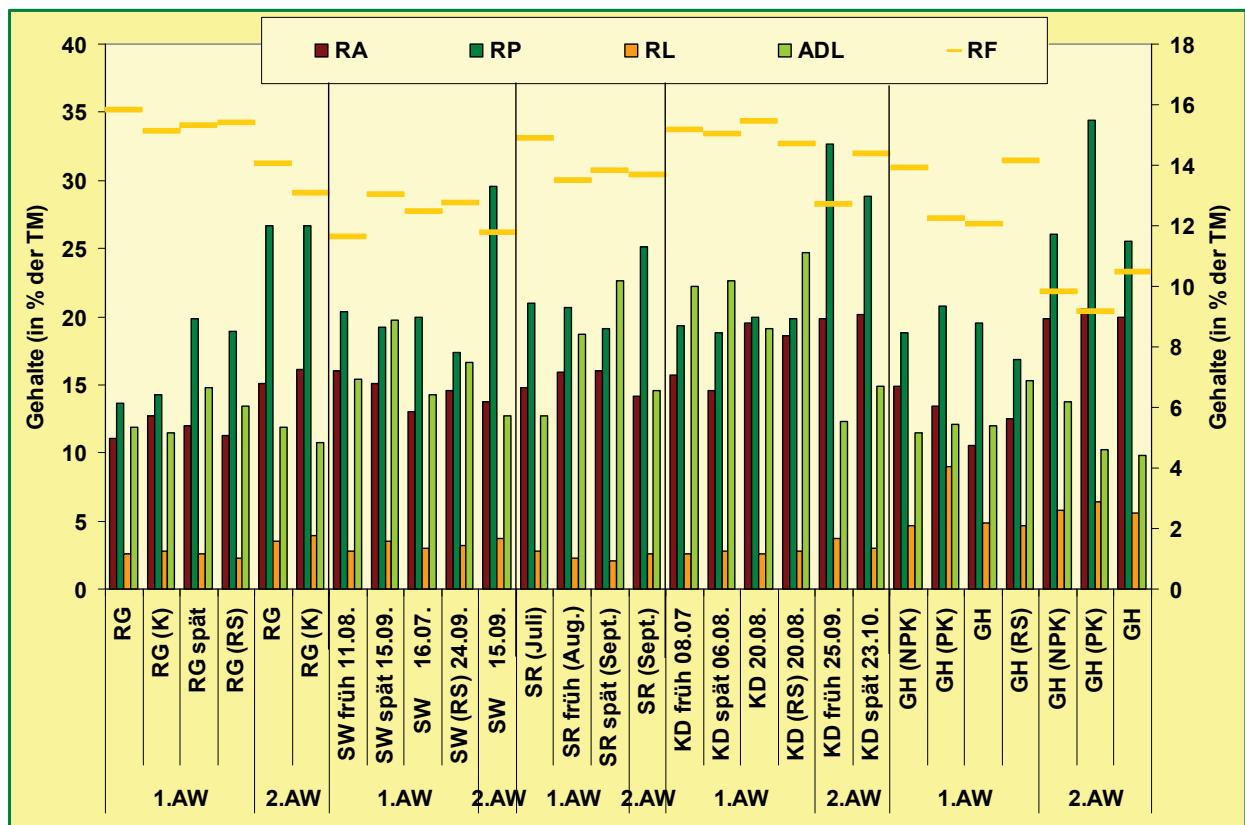
Die Weender Rohnährstoffe sind in der folgenden Abbildung 28 nach Standorten bzw. Vegetationstypen mit Mittelwert und Standardabweichung über die Standorte dargestellt. Die relativ großen Schwankungen zwischen den Standorten liegen jedoch immer im Bereich der Standardabweichung vom jeweiligen Mittelwert. Daraus lässt sich in etwa ableiten, dass wahrscheinlich auch bei einer möglichen statistischen Verrechnung keine signifikanten Unterschiede erwartet werden könnten.



**Abbildung 28:** Gehalte der Weender Rohnährstoffe (in % der FM) im Pflanzenmaterial der verschiedenen Grünlandtypen (Werte aus 2008)

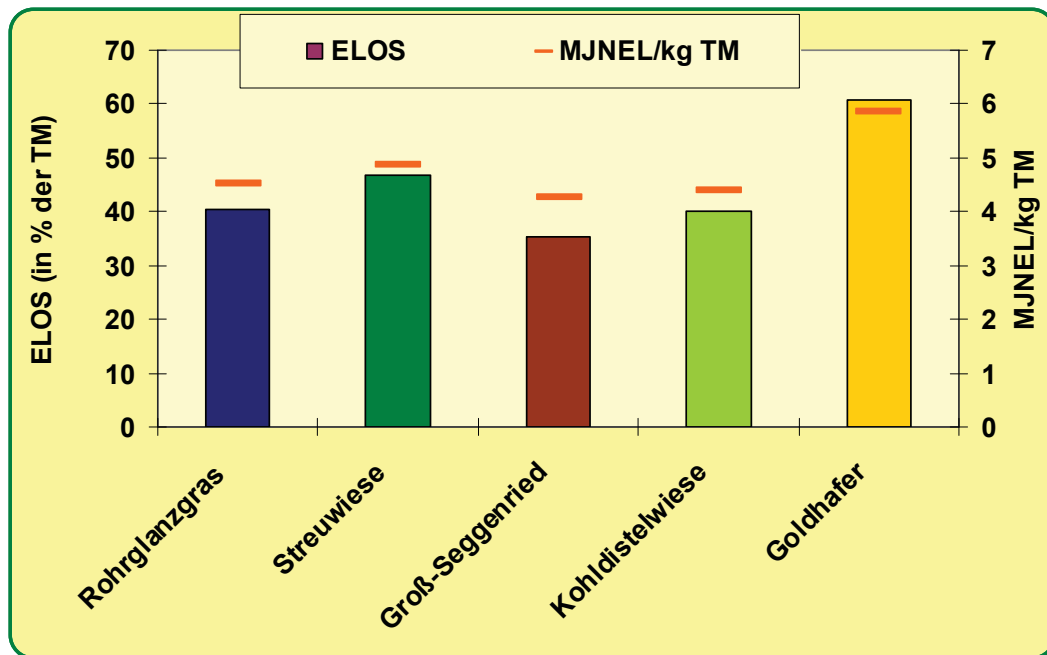
Jedoch müssen weitere Untersuchungsergebnisse abgewartet werden, um abschließende Aussagen treffen zu können.

Betrachtet man die Inhaltsstoffe getrennt nach Varianten und Aufwüchsen, zeichnet sich deutlich der Einfluss des Erntezeitpunktes auf die Gehalte der Inhaltsstoffe ab (s. Abbildung 29). Der Rohfasergehalt der zweiten Aufwüchse, liegt aufgrund der Ernte in einem früheren Entwicklungsstadium, i. d. R. immer unter dem des ersten Aufwuchses. Genauso verhält es sich beim Ligningehalt (ADL). Dagegen erreicht der Anteil an Rohasche, Rohprotein und Rohfett meist höhere Werte in den jünger geernteten, zweiten Aufwüchsen als in den älteren ersten Aufwüchsen.



**Abbildung 29:** Gehalte der Weender Rohnährstoffe (in % der FM) im Pflanzenmaterial der verschiedenen Grünlandtypen, Varianten und Aufwüchse (Werte aus 2008)

Für die Verbrennung erwünscht sind ein möglichst hoher Rohfaser- und damit auch Ligninanteil und ein geringer Rohproteingehalt im Verbrennungsmaterial. Zur Futternutzung strebt man genau das Gegenteil an, hohe Rohproteingehalte und niedrige Faseranteile, zusätzlich eine hohe Verdaulichkeit und damit hohe Energiegehalte. Betrachten wir nun diese letzt genannten Futterwertparameter in dem geernteten Material der verschiedenen Standorte, so streben wir für Grünfutter einen Energiegehalt von > 6,4 MJNEL/kg TM, bei Heu einen Energiegehalt von etwa 5,2 MJNEL/kg TM an. Anhand der Abbildung 30 lässt sich erkennen, dass die Goldhaferwiese im Mittel der Varianten noch die höchste Verdaulichkeit und den höchsten Energiegehalt im geernteten Pflanzenmaterial aufweist, die Aufwüchse aller anderen Vegetationstypen weisen relativ geringe Abweichungen zueinander, auf einem insgesamt niedrigeren Niveau, auf. Der Mittelwert über die Standorte beträgt in der Verdaulichkeit 45,8 % in der TM mit einer Standardabweichung von 11,1 % in der TM. Der Energiegehalt beträgt im Mittel 4,85 MJNEL/kg TM mit einer Standardabweichung von 0,73 MJNEL/kg TM. Lediglich die Proben der Goldhaferwiese weisen in beiden Merkmalen Werte außerhalb der ausgewiesenen Standardabweichung vom Mittelwert auf. Alle anderen Probenwerte liegen innerhalb des Varianzbereiches.



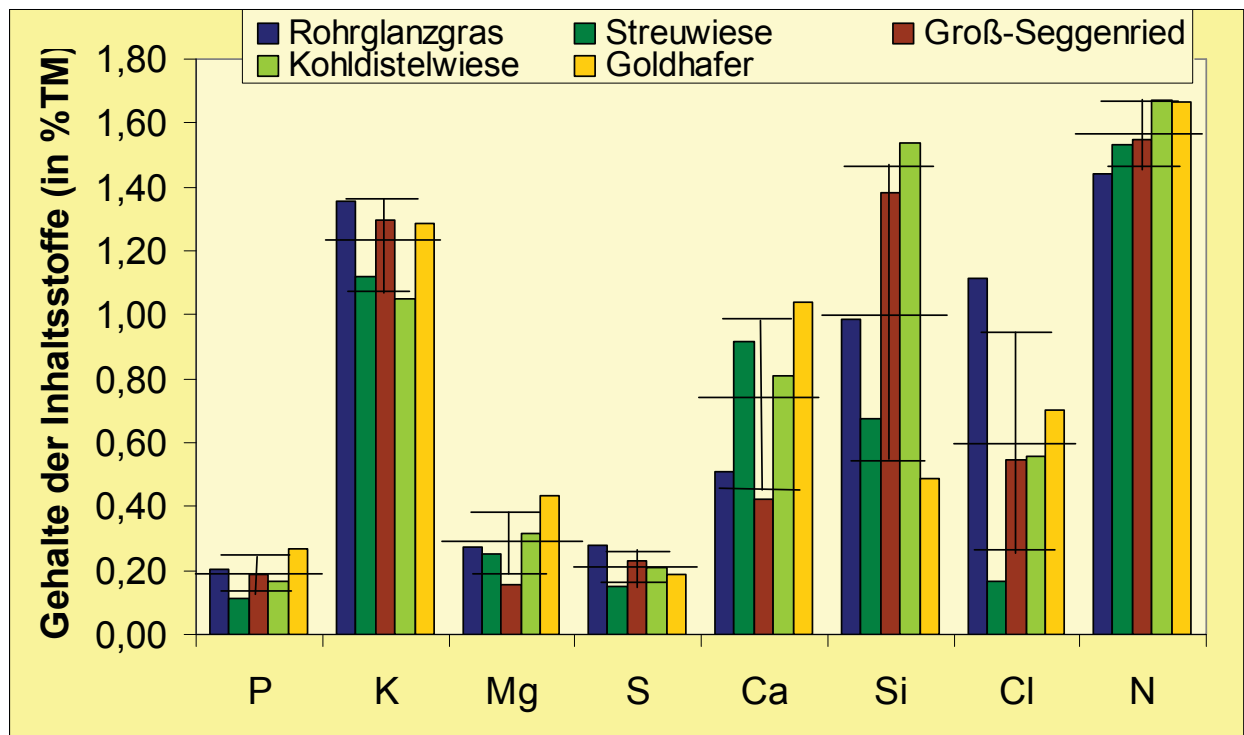
**Abbildung 30:** Gehalte der enzymlöslichen organischen Substanz (ELOS, in % der TM) und der Energiegehalt (in MJNEL/kg TM) im Pflanzenmaterial der verschiedenen Grünlandtypen (Werte aus 2008)

Zur Futternutzung wäre das Material also nur bedingt geeignet.

Bezieht man nun die Mittelwertsbetrachtung sowie deren Standardabweichung in den einzelnen Merkmalen mit ein, so vermittelt sich der Eindruck, dass die Aufwüchse der unterschiedlichen Vegetationstypen sich hinsichtlich der für die Fütterung wertgebenden Merkmale nicht maßgeblich unterscheiden.

#### 4.2.2 Beurteilung nach Nähr- und Mineralstoffgehalten

Nähr- und Mineralstoffe sind für die Tierernährung wichtig, für die Verbrennung des Pflanzenmaterials nachteilig, da sich diese ungünstig auf die Verbrennungseigenschaften auswirken, aus denen auch technische Störungen im Verbrennungsablauf entstehen können (z.B. Korrosion oder Schlackebildung).



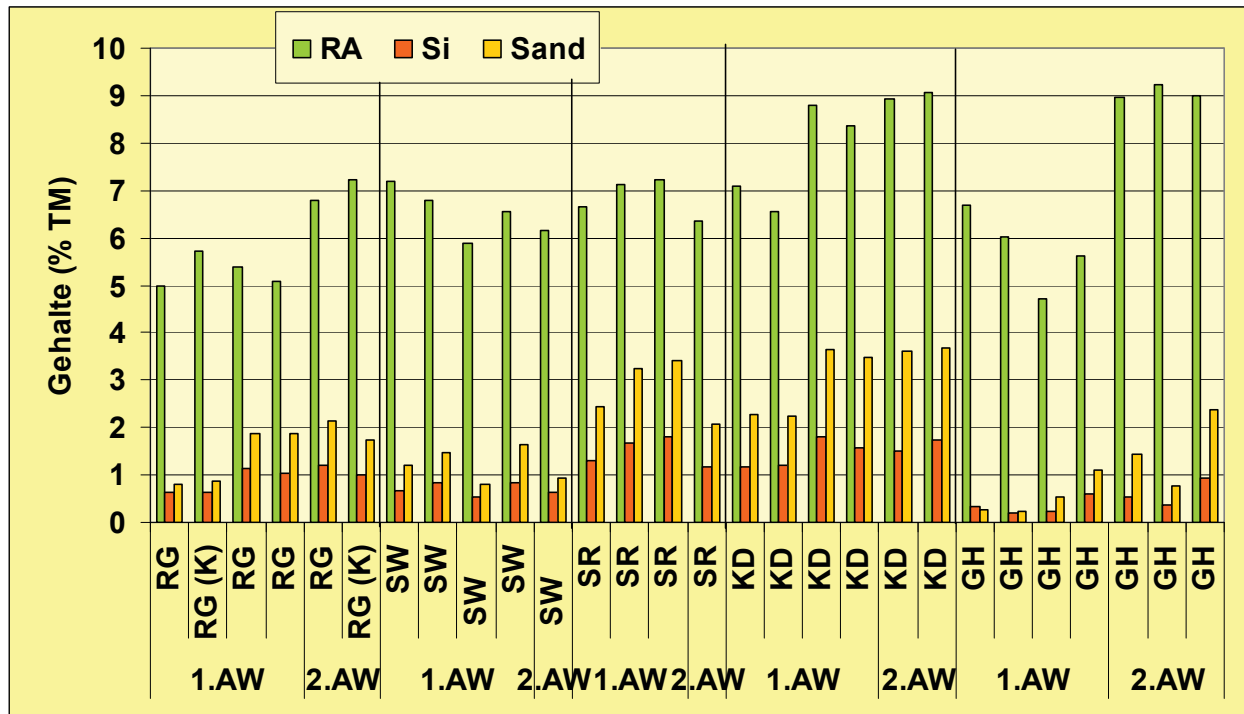
**Abbildung 31:** Gehalte der Nähr- und Mineralstoffe (in % der TM) im Pflanzenmaterial der verschiedenen Vegetationstypen (Werte aus 2008), gekennzeichnet sind die Mittelwerte mit Standardabweichung jedes Parameters

Betrachtet man nun die jeweiligen Parameter-Mittelwerte mit der Standardabweichung, so stellt man fest, dass je Parameter immer ein bis zwei Vegetationstypen außerhalb des Bereiches  $\pm$  einer Standardabweichung liegen, jedoch meist immer andere (s. Abbildung 31). Die Streuwiese z.B. fällt dahingehend auf, dass die Grünlandaufwüchse dieses Typs deutlich geringere Gehalte an Phosphor, Schwefel und Chlor aufweisen, ansonsten bei den anderen Parametern immer im Varianzbereich liegen und, außer beim Calciumgehalt, unterhalb des Mittelwertes.

Bei den gedüngten Varianten (Goldhafer mit NPK und Rohrglanzgras mit K) entziehen die Pflanzen scheinbar auch dementsprechend mehr Nährstoffe aus dem Boden. So weist z.B. die Goldhaferwiese in ihren Aufwüchsen einen, außerhalb des Varianzbereiches liegenden, höheren Phosphorgehalt auf. Bei den Rohrglanzgras-Ernteproben findet sich zwar ein höherer Kaliumgehalt, der sich aber noch im Varianzbereich  $\pm$  einer Standardabweichung befindet. Die Stickstoffgehalte der gedüngten Goldhaferaufwüchse unterscheiden sich jedoch nicht von den ungedüngten Kohldistelwiesenproben und liegt mit den anderen Vegetationstypen-Werten, außer dem Rohrglanzgras, im Varianzbereich. Sehr große Schwankungsbereiche in den Gehalten der Mineral- und Nährstoffe zwischen den Vegetationstypen finden sich in den Parametern Calcium, Silicium und Chlor. Alle anderen Parameter liegen relativ eng beieinander.

Die Siliciumgehalte hängen stark mit den Parametern Rohasche und dem Sandanteil, als säureunlöslicher Bestandteil der Asche, zusammen (s. Abbildung 32). So lässt sich der beschriebene Sandanteil im Pflanzenmaterial nach eigenen Berechnungen mit den Parametern Rohasche und Siliciumgehalt mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,97 recht gut abschätzen.

Den Sandgehalt erhält man nach der Schätzformel ( $-1,115 + 0,153 \cdot RA + 1,960 \cdot Si$ ), wobei alle Gehalte in Prozent der Trockenmasse angegeben sind. Der Stichprobenumfang zur Schätzung betrug z.Zt. jedoch erst 28 Werte, so dass die Formel an einem größeren Datensatz durchaus noch mal überprüft werden muss.



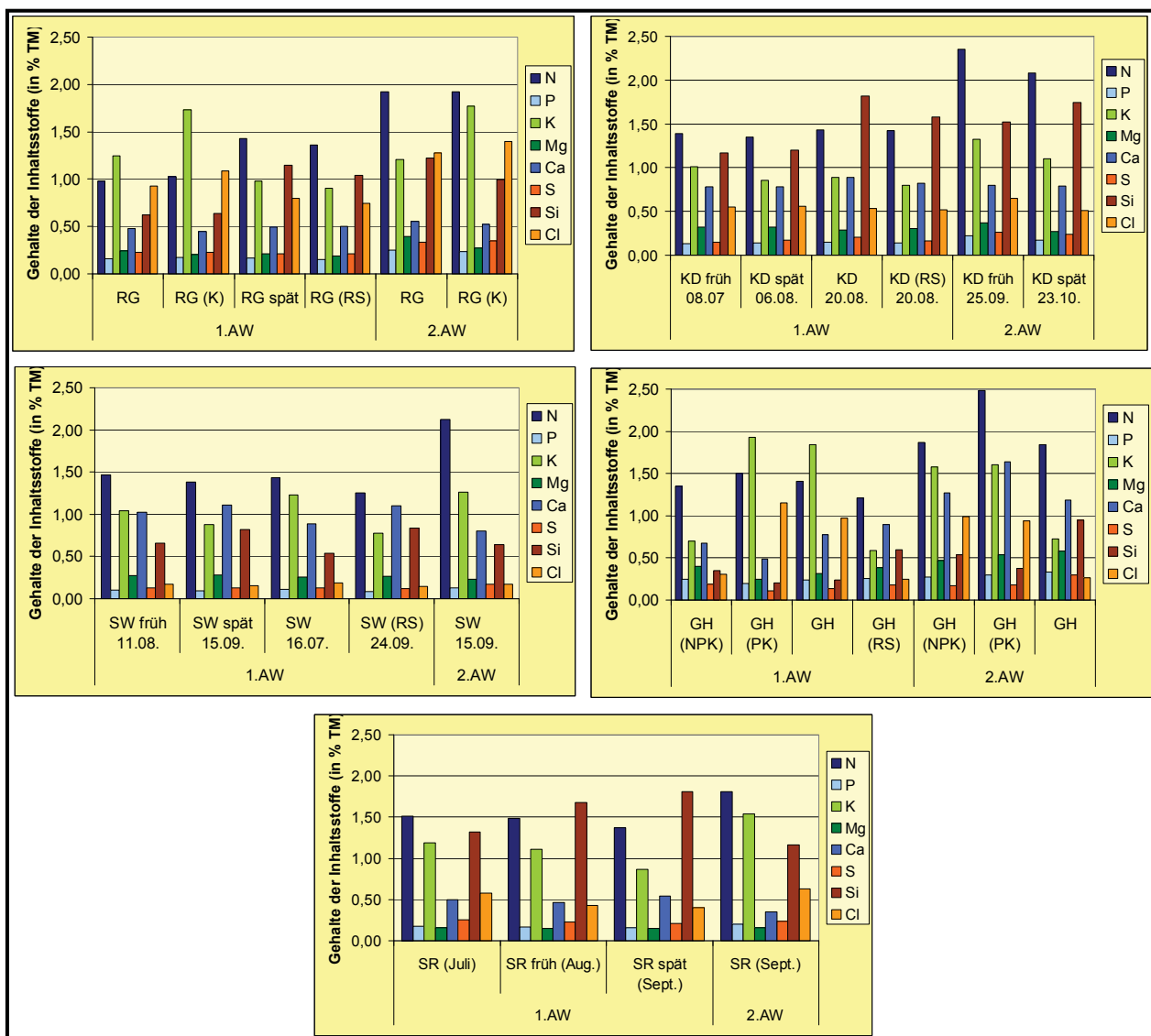
**Abbildung 32:** Gehalte von Rohasche (RA), Silicium (Si) und Sand (als säureunlöslicher Bestandteil der Asche), alle in % der TM, im Pflanzenmaterial nach Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchsen (Werte aus 2008)

Der Gehalt an Rohasche, Silicium und Sand ist jedoch auch stark von der Erntetechnik abhängig, so dass diese meist den Einfluss des Entwicklungsstadiums oder des Vegetationstyps des Grünlands überlagert.

Der optimale Brennstoff sollte also möglichst nähr- und mineralstoffarm sein. Um nun die besten Varianten herauszufinden, sind in Abbildung 33 die Nähr- und Mineralstoffgehalte nochmals nach Vegetationstypen aber auch nach Varianten und Aufwüchsen dargestellt.

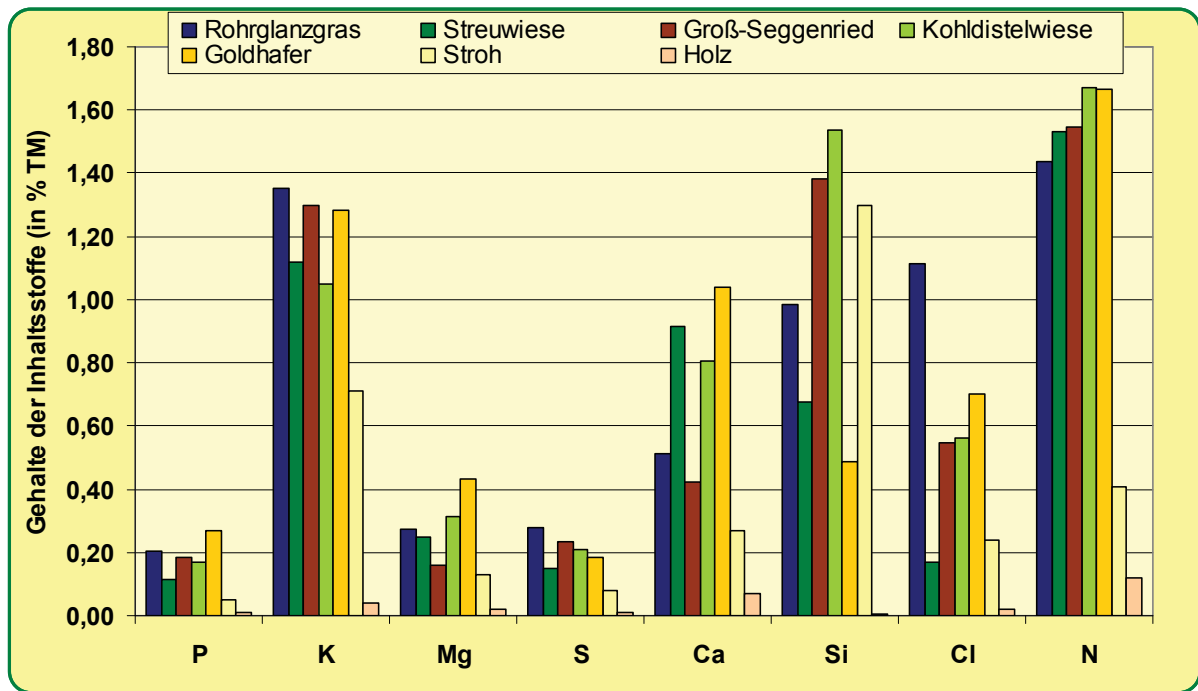
Grundsätzlich ist es auch hier festzustellen, dass die in einem früheren BBCH-Stadium geernteten und damit meist die zweiten Aufwüchse, im Regelfall die höheren Gehalte an Nähr- und Mineralstoffen aufweisen. Bei den älteren Aufwüchsen hat sich ein Teil der Inhaltsstoffe bereits wieder aus dem oberirdischen Pflanzenteil in die Wurzeln und den Boden verlagert.

Ganz deutlich wird dies beim Stickstoffgehalt. Dieser liegt in den zweiten Aufwüchsen im Wert etwa 25 – 50 Prozentpunkte höher als die Werte in den ersten Aufwüchsen. Auffallend ist auch, dass die einzige mit Stickstoff gedüngte Variante im Goldhaferbestand keine höheren Gehalte im ersten Aufwuchs aufweist als die nicht gedüngten Varianten des Bestandes und auch nicht höhere als in den anderen Vegetationstypen.



**Abbildung 33:** Gehalte der Nähr- und Mineralstoffe (in % der TM) im Pflanzenmaterial nach Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchsen (Werte aus 2008)

Eine Bewertung der Grünlandaufwüchse als Brennstoff hinsichtlich der Mineral- und Nährstoffgehalte lässt sich nur durchführen, wenn diese mit den Werten von anderen Brennstoffen z.B. Stroh und Holz verglichen werden. Die Werte wurden in der folgenden Abbildung 34 zur besseren Übersicht zu den bereits in Abbildung 30 dargestellten Versuchswerten ergänzt. Die vorliegenden Werte stammen aus dem Bayerischen Zentrum für angewandte Energieforschung, da hier alle Elemente vorlagen, wie sie auch im Versuch untersucht wurden und damit zu jedem Versuchswert auch ein Vergleichswert vorliegt. Die Stickstoff, Schwefel- und Chlorgehalte finden sich auch in verschiedenen anderen Quellen, mit mehr oder weniger großen Abweichungen. Allen Quellen gemeinsam ist, dass die Parameterwerte für Stroh und Holz wesentlich unter denen des Spätschnittgutes im Versuch liegen.



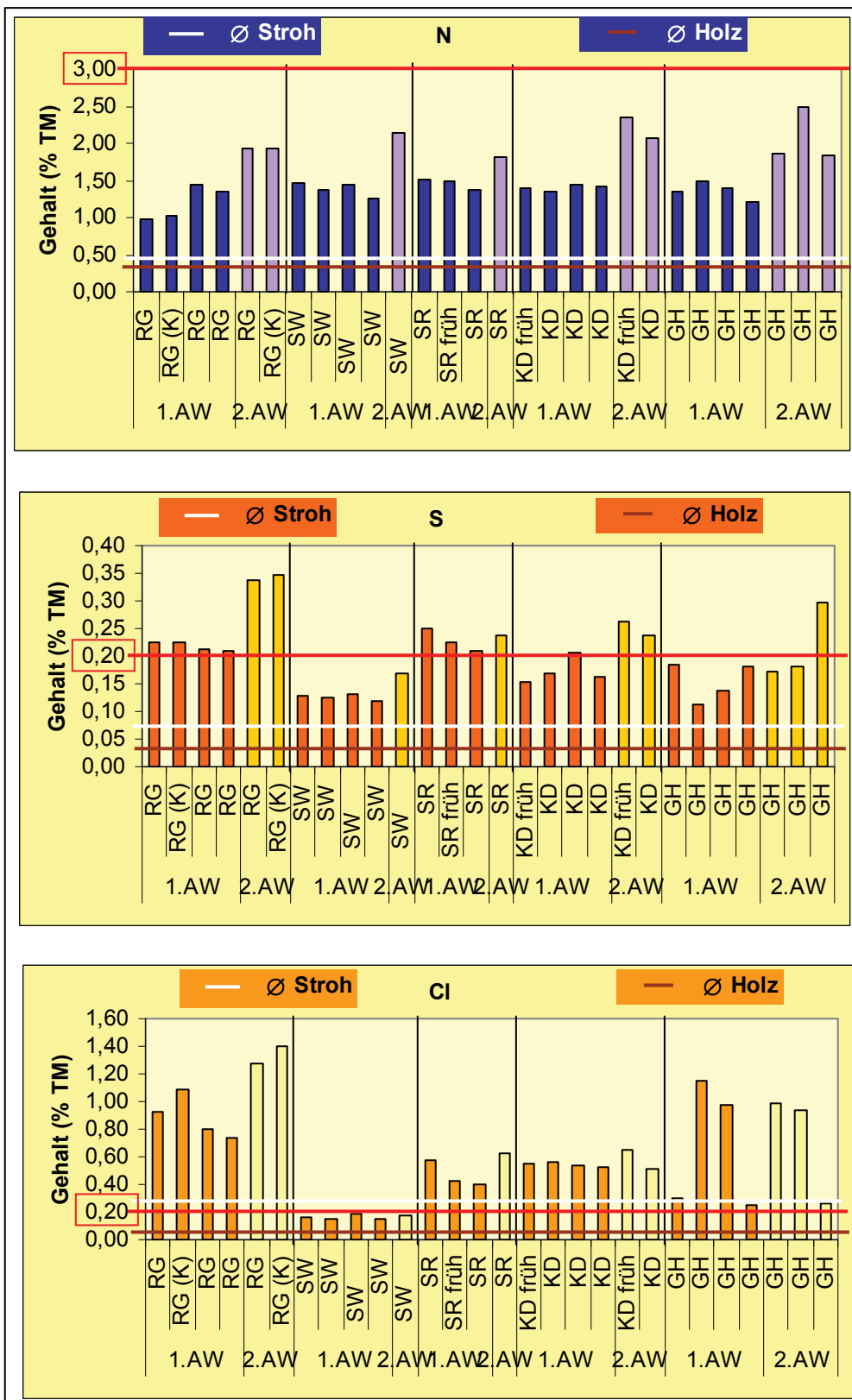
**Abbildung 34:** Gehalte der Nähr- und Mineralstoffe (in % der TM) im Pflanzenmaterial der verschiedenen Vegetationstypen im Versuch (Werte aus 2008), Stroh und Holz (ZAE Bayern)

Unter der Prämisse der Anforderungen für Brennstoffe, dass unter 3 % der TM Stickstoff enthalten sein sollte, halten jedoch alle Proben der verschiedenen Vegetationstypen diese Vorgabe ein (s. Abbildung 35). Schwieriger wird es mit dem Schwefelgehalt, der 0,2 % in der TM nicht überschreiten sollte. Nach diesem Kriterium kommen alle zweiten Aufwüchse, außer bei der Streuwiese, als Brennstoff nicht in Betracht. Des Weiteren liegen auch die Gehalte der ersten Aufwüchse im Seggenried und dem Rohrglanzgras knapp über diesem angestrebten Grenzwert von 0,2 % in der TM. Der Chlorgehalt im Erntegut gilt hier fast als Ausschlusskriterium für alle Vegetationstypen, außer der Streuwiese. Auch hier sollte ein Wert von 0,2 % in der TM nicht überschritten werden. Zwei Varianten beim Goldhafer halten diese Vorgabe nahezu ein, alle anderen Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchse liegen um ein Vielfaches (das 2- bis 7-fache) über diesem Wert.

Um jedoch, diese Werte bestätigen zu können, müssen die noch folgenden Untersuchungen aus dem Jahr 2009 und 2010 abgewartet werden.

Holz erreicht die hier als Höchstwerte angestrebten Inhaltsstoffgehalte nicht, ist also nachweislich sehr arm an Nähr- und Mineralstoffen. Für Stroh gilt das Gleiche, lediglich mit dem Chlorgehalt hat auch dieser Brennstoff Probleme.





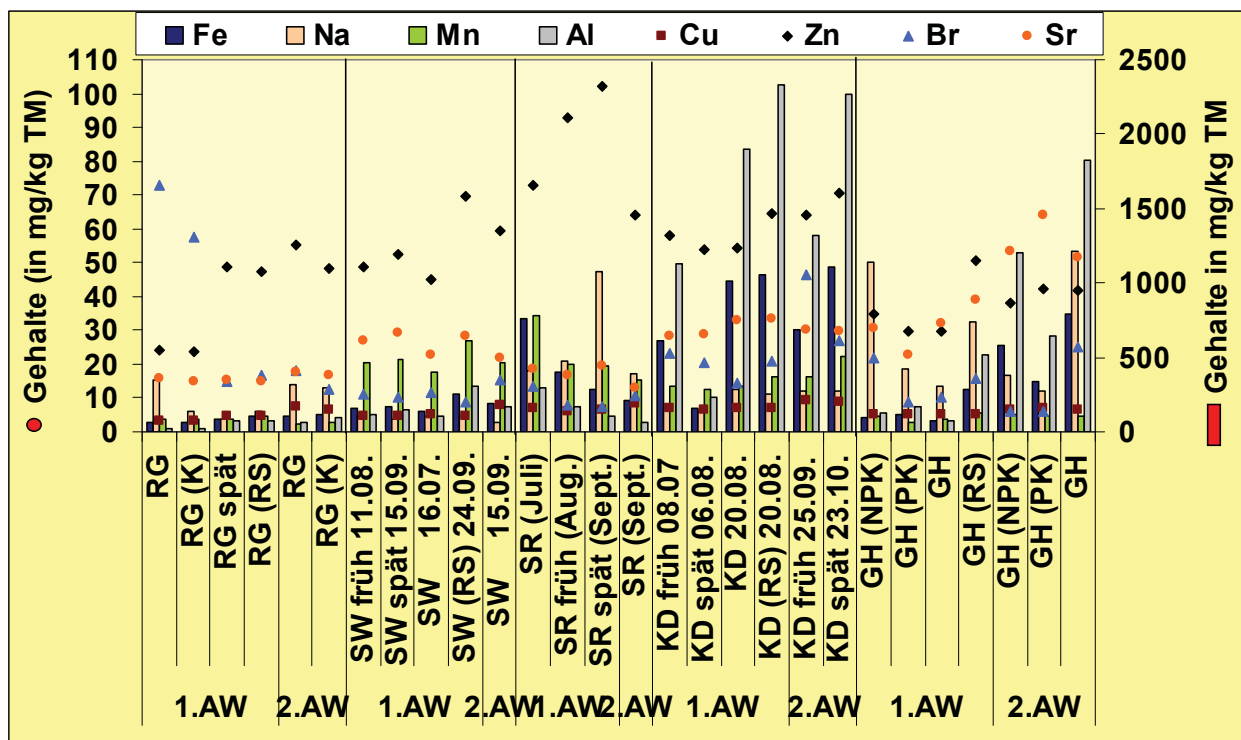
**Abbildung 35:** Gehalte an Stickstoff (N), Schwefel (S) und Chlor (Cl) (in % der TM) im Pflanzenmaterial nach Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchsen (Werte aus 2008), eingezeichnet ist der angestrebte Höchstwert des jeweiligen Gehaltes mit rotem Rahmen und die Durchschnittswerte für Stroh (hell) und Holz (dunkel)

#### 4.2.4 Beurteilung nach Spurenelement- und Schwermetallgehalt

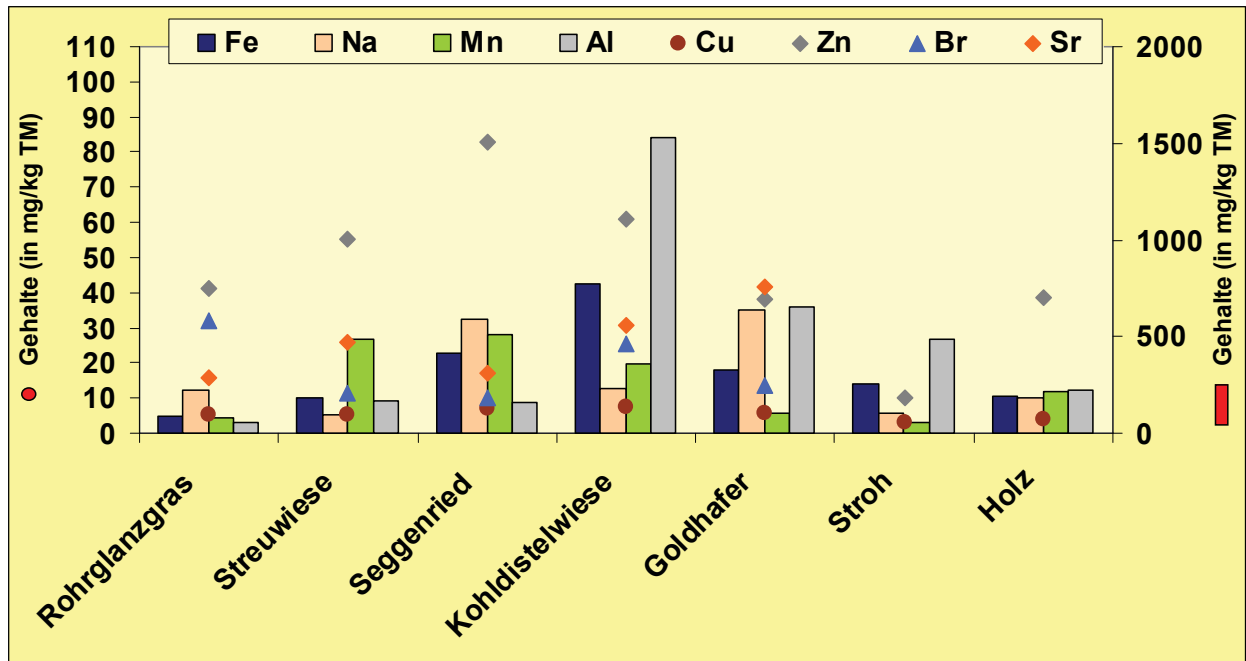
Auch hier gilt der Grundsatz, dass Brennstoffe so wenig wie möglich Spurenelemente und vor allem Schwermetalle enthalten sollten, da die meisten Bestandteile entweder in der Asche verbleiben oder über den Rauch bei der Verbrennung wieder in die Umwelt gelangen. Durch die heutige Filtertechnik gelangen jedoch die meisten Bestandteile nur noch zu einem geringen Anteil in die Atmosphäre. Ein Großteil der Elemente liegt im Reingas, also nach Filterung des Gases, unter der Nachweisgrenze.

##### Spurenelemente

Zu den Spurenelementen zählen wir hier Eisen (Fe), Natrium (Na), Mangan (Mn), Aluminium (Al), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Brom (Br) und Strontium (Sr). Im Vergleich der Versuchsstandorte und damit der Vegetationstypen stellt sich ein sehr differenziertes Bild dar (s. Abbildung 36). Die Aufwüchse der Rohrglanzgraswiese weisen die geringsten Gehalte an den genannten Spurenelementen auf, etwas höher liegen die Werte der Streuwiesenproben. Auf ähnlichem Niveau liegen die Werte der Goldhaferproben der ersten Aufwüchse. Das Seggenried weist in seinem Pflanzenmaterial insgesamt höhere Werte auf, wobei die zweiten Aufwüchse im Goldhafer noch wesentlich höhere Werte, vor allem bei Aluminium und Eisen, aufweisen. Im Seggenried wurde der höchste Zinkgehalt ermittelt. Deutlich höhere Gehalte aller genannten Elemente sind in der Kohldistelwiese zu finden.



**Abbildung 36:** Gehalte an Eisen (Fe), Natrium (Na), Mangan (Mn), Aluminium (Al), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Brom (Br) und Strontium (Sr) (in mg/kg TM) im Pflanzenmaterial nach Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchsen (Werte aus 2008)



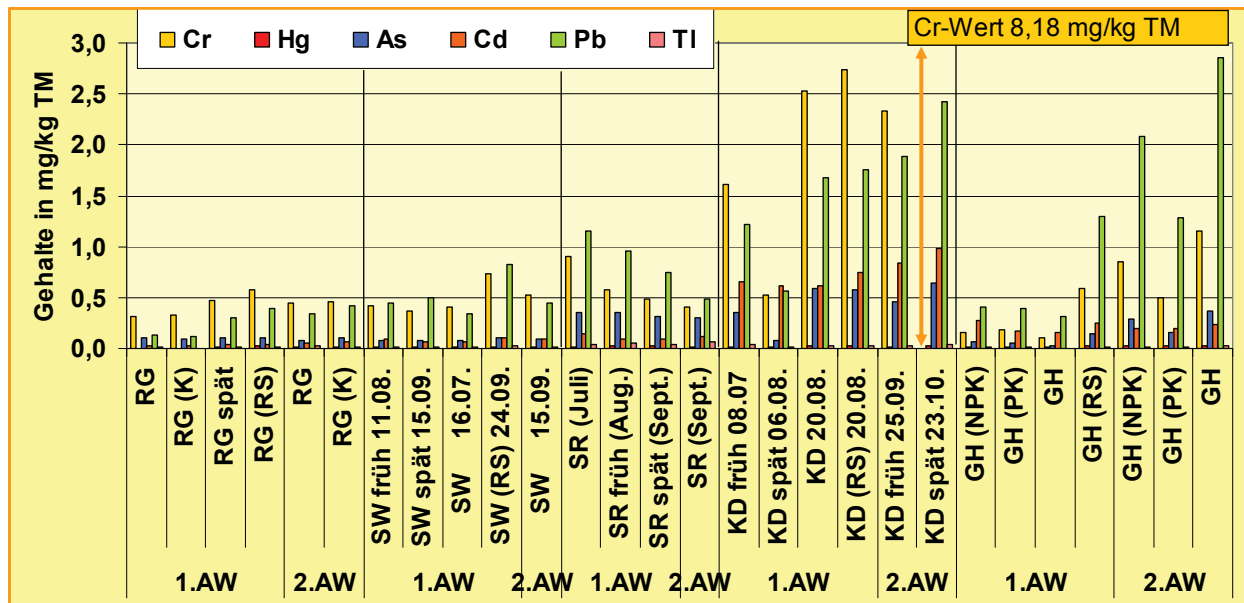
**Abbildung 37:** Gehalte an Eisen (Fe), Natrium (Na), Mangan (Mn), Aluminium (Al), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Brom (Br) und Strontium (Sr) (in mg/kg TM) im Pflanzenmaterial nach Vegetationstypen (Werte aus 2008), in Holz und Stroh (verschiedene Quellen)

Ergänzt man auch hier die Werte mit denen von Stroh und Holz, stellt man erneut fest, dass die Rohrglanzgraswiese die geringsten Werte aufweist und sich damit durchaus mit den Werten von Holz und Stroh vergleichen kann (s. Abbildung 37). Die Kohldistelwiese zeigt auch hier die höchsten Gehalte und liegt in ihren Parameter-Werten, außer beim Kupfer und Natrium, um ein Vielfaches über den Werten von Stroh und Holz. Für Brom und Strontium waren in der Literatur bei Stroh und Holz keine Vergleichswerte zu finden.

### Schwermetalle

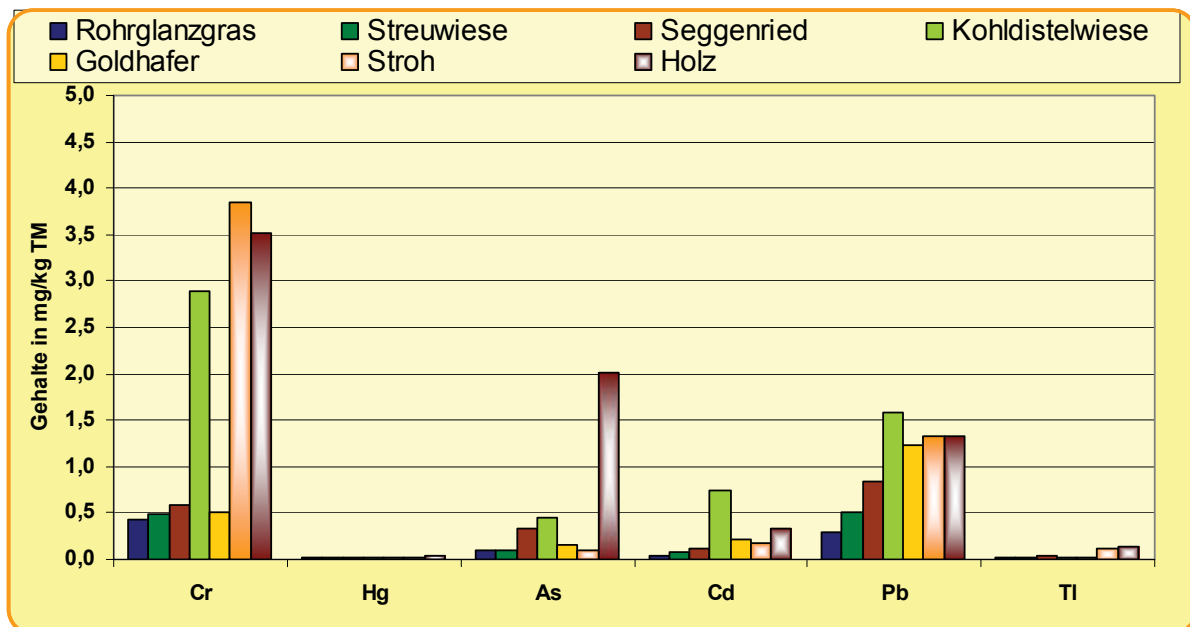
Zu den Schwermetallen zählen in dieser Darstellung Chrom (Cr), Quecksilber (Hg), Arsen (As), Cadmium (Ca), Blei (Pb) und Thallium (Tl).

In gleicher Weise wie die Spurenelemente präsentieren sich die Ergebnisse der Schwermetalluntersuchungen (s. Abbildung 38). Der geringste Gehalt an Schwermetallen findet sich in den Aufwüchsen der Rohrglanzgraswiese, gefolgt mit etwas höheren Werten von der Streuwiese und den ersten Aufwüchsen des Goldhafers. Das Seggenried zeigt deutlich höhere Werte, welche jedoch auch hier wieder von den zweiten Aufwüchsen des Goldhafers übertroffen werden. Die höchsten Gehalte finden sich wiederum in den Proben der Kohldistelwiese.



**Abbildung 38:** Gehalte an Chrom (Cr), Quecksilber (Hg), Arsen (As), Cadmium (Ca), Blei (Pb) und Thallium (TI) (in mg/kg TM) im Pflanzenmaterial nach Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchsen (Werte aus 2008)

Auch wenn einzelne Werte sehr hoch liegen, so befinden sich die Schwermetallgehalte aller Vegetationstypen auf gleichem Niveau bzw. unter dem von Stroh und Holz, ausgenommen die Cadmium- und Blei-Werte der Kohldistelwiese (s. Abbildung 39).

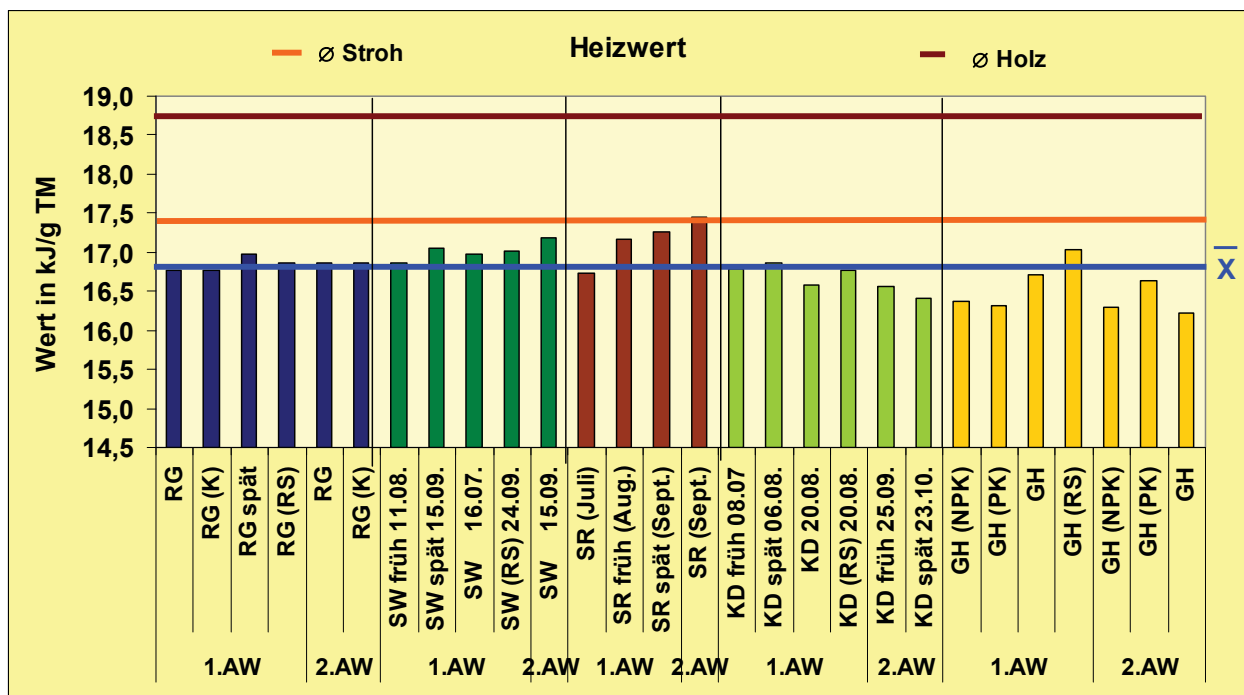


**Abbildung 39:** Gehalte an Chrom (Cr), Quecksilber (Hg), Arsen (As), Cadmium (Ca), Blei (Pb) und Thallium (TI) (in mg/kg TM) im Pflanzenmaterial nach Vegetationstypen (Werte aus 2008), in Holz und Stroh (verschiedene Quellen)

Grundsätzlich muss aber festgehalten werden, dass die Aufnahme von Spurenelementen und Schwermetallen durch die Pflanze stark von den im Boden vorhandenen Gehalten bzw. von der Ausprägung des Lufteintrags dieser Elemente und Verbindungen abhängen. So lässt sich z.B. beim Seggenried ein Zusammenhang der jährlichen Überschwemmungen mit den etwas höheren Gehalten an Spurenelementen und Schwermetallen vermuten. Ob sich die hohen Werte, gerade bei der Kohldistelwiese, wiederholen, bleibt über die nächsten Proben-durchgänge im Versuch abzuwarten.

#### 4.2.4 Beurteilung nach energetischem Wert

Ausschlaggebend für die Anforderungen an einen guten Brennstoff ist die energetische Verwertbarkeit. Diese wird am unteren Heizwert gemessen. Wie in der folgenden Abbildung 40 zu sehen ist, liegt der durchschnittliche Heizwert von Holz etwa 1,5 kJ/kg TM über dem von Stroh und etwa 2 kJ/kg TM über dem Durchschnitt des Spätschnittgutes der Grünlandflächen. Einzelne Vegetationstypen erreichen jedoch das Niveau des Strohs, so z. B. das Seggenried. Auch die Aufwüchse der Streuwiese liegen mit dem Heizwert über dem Durchschnitt der gesamten Grünlandaufwüchse und nähern sich dem Durchschnittswert des Strohs eher an als die der anderen Typen. Auffallend ist, dass die späteren Schnitte wie auch z.T. die zweiten Schnitte einen jeweils höheren Heizwert aufweisen.

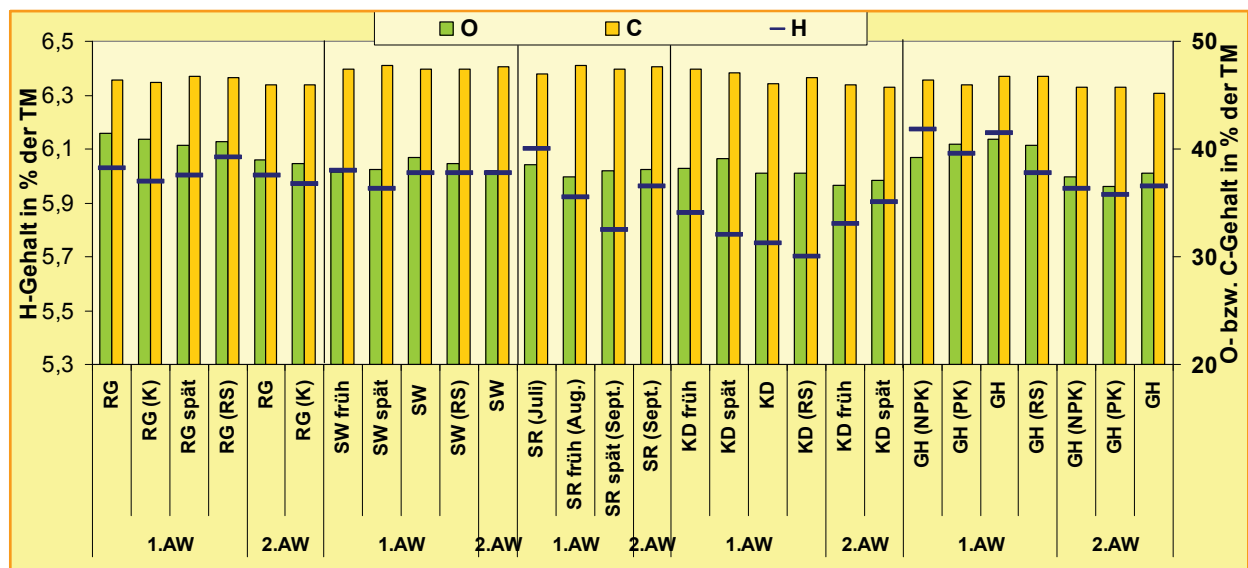


**Abbildung 40:** Gemessener unterer Heizwert des Pflanzenmaterials nach Vegetationstypen (Werte aus 2008) sowie von Holz und Stroh (Literaturwerte)

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die Schätzformel für den Heizwert und stellt die Elemente, von denen sich der Heizwert ableitet, gegenüber, so erhält man die in Abbildung 41 gezeigten Relationen der organischen Elemente zueinander.

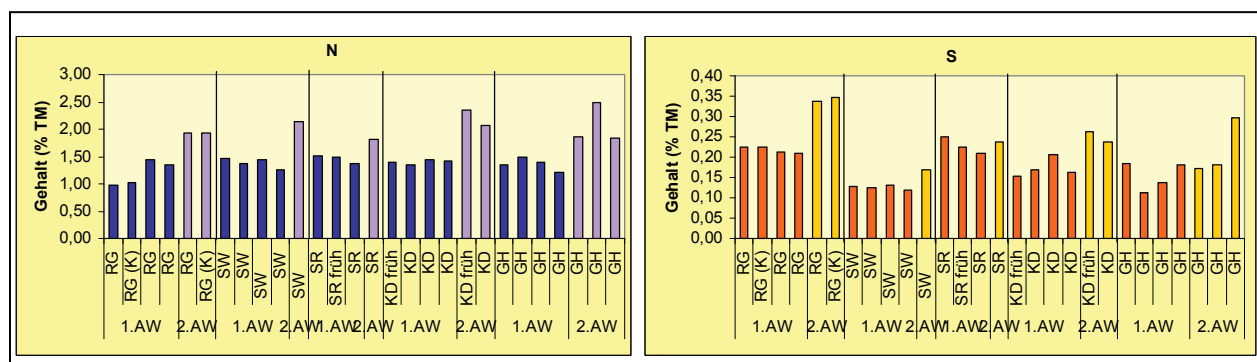
Die Formel zur Berechnung des Heizwertes ( $Hu_{(wf)}$ ) nach GEMIS lautet

$$[(C_{org} (TM)/100) * 34,8] + [(H (TM)/100) * 93,8] + [(S_t (TM)/100) * 10,46] + [(N_t (TM)/100) * 6,28] - [(O_2 (TM)/100) * 10,8]$$



**Abbildung 41:** Gehalt an Sauerstoff (O), Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) des Pflanzenmaterials nach Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchsen (Werte aus 2008)

Bezieht man nun die anorganischen Elemente, gemäß der Formel, in diese Betrachtungen mit ein (s. Abbildung 42), so erkennt man, dass die höheren Gehalte an Stickstoff und Schwefel in den zweiten Aufwüchsen scheinbar positiv auf den Heizwert wirken.



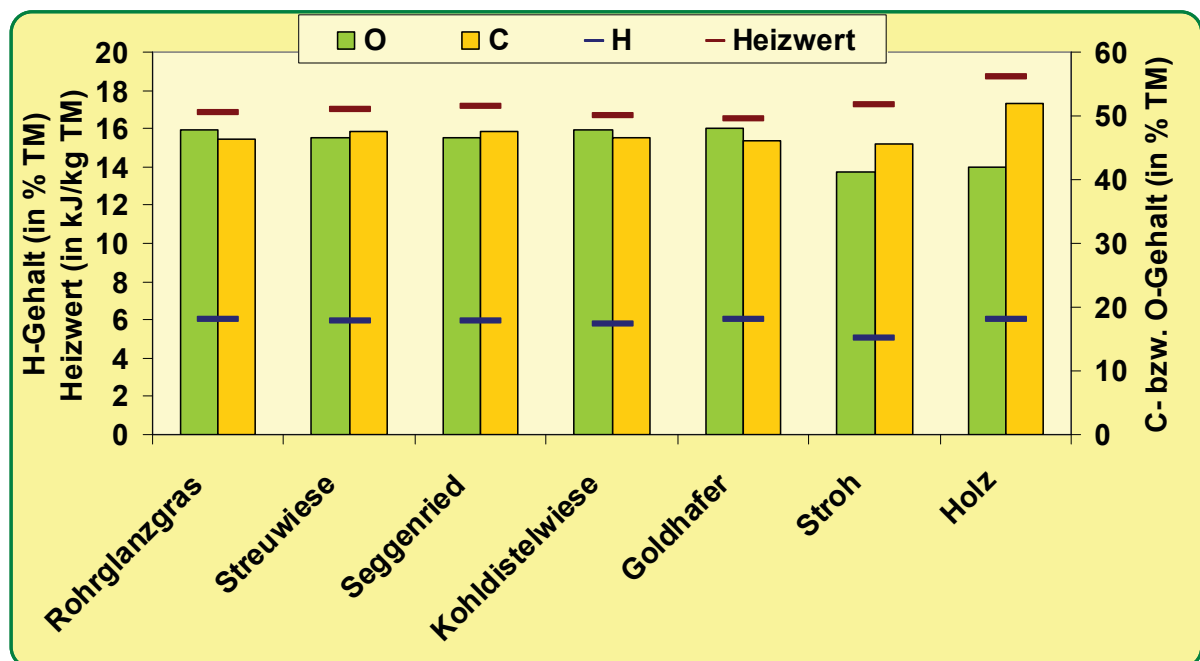
**Abbildung 42:** (aus Abbildung 35, Kapitel 4.2.2) Gehalt an Stickstoff (N) und Schwefel (S) des Pflanzenmaterials nach Vegetationstypen, Varianten und Aufwüchsen (Werte aus 2008)

Am Beispiel des zweiten Aufwuchses des Seggenrieds und des ersten Aufwuchses der ersten Variante beim Goldhafer sollen die Zusammenhänge nochmals verdeutlicht werden. Diese beiden Beispiele unterscheiden sich um ein kJ/kg TM, wobei das Seggenried den höheren Heizwert erreicht (s. Tabelle 2).

**Tabelle 2:** Unterschiede in den Gehalten der elementaren Inhaltsstoffe, die den Heizwert beeinflussen, beispielhaft am 2. Aufwuchs des Seggenrieds (SR (2.AW)) und des ersten Aufwuchses der NPK-gedüngten, ersten Variante des Goldhafers (GH (NPK, 1.AW))

	H	O	C	N	S	Heizwert
SR (2.AW)	5,93	38,07	47,60	1,81	0,24	17,45
GH (NPK, 1.AW)	6,14	39,23	46,40	1,35	0,18	16,37
<b>Differenz</b>	<b>-0,21</b>	<b>-1,16</b>	<b>+1,2</b>	<b>+0,46</b>	<b>+0,06</b>	<b>+1,08</b>
Faktor der Formel	93,8	10,8	34,8	6,28	10,46	

Ausschlaggebend für den höheren Heizwert scheint in diesem Beispiel der deutlich höhere Gehalt an Kohlenstoff im Seggenried zu sein, der mit einem relativ starken Faktor gewichtet wird und als positiver Wert eingeht. Der negativ berücksichtigte, etwa gleich hohe Differenzwert im Sauerstoffgehalt, wird nur mit einem um ein Drittel kleineren Faktor gewichtet, so dass der negative Effekt beim Seggenried nicht zum Tragen kommt. Auch der leicht niedrigere Wasserstoffgehalt im Seggenried fällt trotz des hohen Faktors nicht ins Gewicht. Betrachtet man die Elementargehalte von Sauerstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff über die Varianten, im Vergleich zu Holz und Stroh, zeigt sich die gleiche Tendenz (s. Abbildung 43).



**Abbildung 43:** Gehalt an Sauerstoff (O), Kohlenstoff (C) und Wasserstoff (H) in % TM sowie der Heizwert (in kJ/kg TM) des Pflanzenmaterials nach Vegetationstypen (Werte aus 2008), sowie von Stroh und Holz (versch. Quellen)

Der Höhere Heizwert des Strohs bedingt sich demnach durch den höheren Kohlenstoffgehalt im Gegensatz zu den Grünlandaufwüchsen und der deutlich höhere Heizwert des Holzes scheint ebenso durch den wesentlich höheren Kohlenstoffgehalt begründet zu sein. Da sich

der Kohlenstoffgehalt der Grünlandaufwüchse jedoch nicht im Laufe der Vegetation zu verändern scheint (s. Abbildung 41), lässt sich auch der Heizwert relativ wenig beeinflussen, sondern führt zu dem Schluss, dass einige Pflanzenarten besser geeignet sind als andere. Für abschließende Aussagen bedarf es allerdings noch weiterer Untersuchungsergebnisse.

## **5. Verfahrensbewertung – Stand der Arbeiten**

In Abstimmung mit den Verbundpartnern (in erster Linie mit der TLL) wurden fünf Modellregionen für die ökonomische Bewertung ausgesucht. Der Auswahl wurden verschiedene Überlegungen zugrunde gelegt. Erstens sollten die Regionen aufgrund gegebener Heterogenität unterschiedliche Szenarien der Grünlandnutzung erwarten lassen. Zweitens war es wichtig, typische örtliche Bedingungen der Bundesländer widerspiegeln zu können. Nicht zuletzt sollte auch die Möglichkeit gegeben sein, die während der Projektlaufzeit gewonnenen Angaben zu den Erträgen, Inhaltstoffen sowie verbrennungstechnischen Eigenschaften der Biomasse auf den untersuchten Standorten in die Bewertung einzubeziehen.

Die Modellregionen sind schließlich folgende:

- Wesermarsch (Niedersachsen)
- Havelland (Brandenburg)
- Anhalt-Bitterfeld (Sachsen-Anhalt)
- Saalfeld-Rudolstadt (Thüringen)
- Oberallgäu (Bayern).

Für die Charakterisierung ausgewählter Regionen sind zahlreiche und vielschichtige Informationen erforderlich. Neben den allgemeinen Aspekten wie geographische Lage, meteorologische Bedingungen, herrschende Wirtschaftsstruktur und Infrastruktur sollen präzise Angaben zu den landwirtschaftlichen Flächen und deren Nutzung, Biotopen, Tierbeständen sowie potenziellen Wärmeabnehmern vorliegen. Der Bezug der Daten erfolgt über offizielle Quellen (z.B. frei zugängliche regionale Statistiken) und mittels direkter Anfragen bei Landesämtern (z.B. Angaben zu genehmigten Biomasseanlagen, anonymisierte InVeKoS-Daten zur Identifizierung landwirtschaftlich genutzter Parzellen).

Für die ökologische Bewertung wurde Milchviehhaltung als Referenzsystem gewählt. In Gebieten mit überwiegender Mutterkuhhaltung gilt diese als Referenzsystem.

### **Havelland**

Als erste Modellregion wurde der Landkreis Havelland gewählt. Er liegt im Westen Brandenburgs zwischen Berlin und der Grenze zu Sachsen-Anhalt und umfasst eine Fläche von 171.736 ha. Momentan wohnen hier ca. 155.141 Einwohner ([WWW.HAVELLAND.DE](http://WWW.HAVELLAND.DE)). Der Landkreis wird durch ein ausgeprägt starkes Ost-West-Strukturgefälle gekennzeichnet. Mit wachsender Entfernung von Berlin nehmen Einwohnerdichte und -wachstum, Arbeitsplatzdichte, Verkehrserschließung ab und wirtschaftliche Struktur- und Arbeitsmarktdéfizite zu (LANDESAMT FÜR BAUEN UND VERKEHR 2006). In wirtschaftlicher Hinsicht bilden die Chemieindustrie in Premnitz und die Optik und Metall verarbeitende Industrie in Rathenow im Westen des Havellands Schwerpunkte. Im östlichen Teil stellen die Papier- und Schreibwarenerstellung in Falkensee sowie die Logistikstandorte Wustermark und Brieselang wichtige Wirtschaftsstandorte dar (Karte 1).

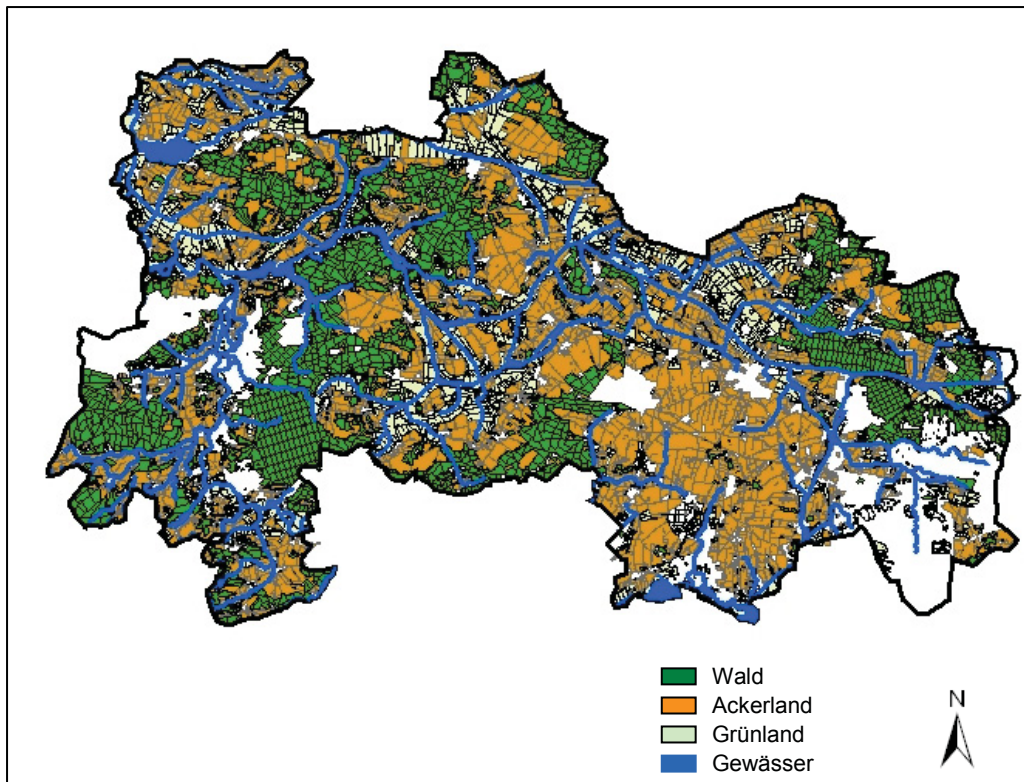




**Karte 1:** Modellregion Havelland mit ausgewählten Gemeinden und dem Naturpark Westhavelland.

Die Landschaft des Havellandes ist durch weite Grünlandflächen und Feuchtgebiete geprägt. Insgesamt sind über 70 % der Gesamtfläche als Landschaftsschutzgebiete (LSG) gekennzeichnet. Somit weist das Havelland den höchsten LSG-Flächenanteil unter allen Brandenburger Landkreisen auf (Land: rund 40 %). Die Naturschutzgebiete (NSG) im Kreis nehmen in der Summe eine Fläche von rund 17.200 ha ein, was den 10 % der Kreisfläche entspricht. LSG und NSG befinden sich überwiegend im Naturpark Westhavelland, dem größten Großschutzgebiet des Landes Brandenburg, das etwa die Hälfte der Kreisfläche einnimmt. Die Landschaft ist durchzogen von Kanälen, die teilweise als Wasserstrassen ausgebaut sind. Insgesamt belegen Wasserflächen 5.443 ha (3 %), was dem Landesmittel entspricht (STATISTISCHES JAHRBUCH BRANDENBURG 2008). Das Vorhandensein zahlreicher Schutzgebiete macht das Havelland für die Erforschung besonders interessant, da gerade auf den Flächen mit Bewirtschaftungsauflagen Probleme mit der Verwertung von spät geernteten Aufwüchsen auftreten.

Die Landwirtschaftsfläche liegt mit 60 % über dem Landesmittel von 50 % und die Waldfläche mit 26 % unter dem Landesmittel von 35 % (EBD.). Landwirtschaftliche Flächen sind von ausgedehnten Grünlandflächen in den Niederungen und großen Ackerflächen auf den höheren Lagen gekennzeichnet. Die höchste Konzentration von Ackerflächen befindet sich im östlichen Zentrum des Landkreises. Grünlandflächen prägen insbesondere den Norden und den zentralen Westen sowie den Westen entlang der Havel (Karte 2).



**Karte 2:** Flächennutzung im Havelland.

Mit der Agrarförderung werden im Landkreis Havelland 90.374 ha landwirtschaftliche Nutzfläche bewirtschaftet (INVEKOS 2008). Der größte Teil davon (67 % oder 60.134 ha) wird durch Ackerbau genutzt. Die Grünlandnutzung nimmt den verbleibenden Anteil von 33 % ein, was einer Fläche von 29.707 ha entspricht. Außerhalb der Agrarförderung werden weitere ca. 2.500 ha landwirtschaftliche Acker- bzw. Grünlandflächen überwiegend durch Hobbylandwirte genutzt (JAHRESBERICHT 2008 LANDKREIS HAVELLAND).

Die Größe der landwirtschaftlichen Betriebe durchläuft das gesamte Spektrum von einigen bis mehreren hundert Hektar bearbeiteter Fläche. Im Vergleich zu anderen Modellregionen sind havelländische Betriebe jedoch sehr flächenstark. Vordergründig bewirtschaften Gesellschaften bürgerlichen Rechts (GbR) zwischen 100 und 1.000 ha und Juristische Betriebe (GmbH, AG, Agrargenossenschaften) zwischen 200 und 3.000 ha Land, Familienbetriebe dagegen bis 500 ha (im Haupterwerb) bzw. bis 100 ha (im Nebenerwerb) Land (EBD.).

Bei der Pflanzenproduktion dominiert der Anbau von Getreide (in erster Linie Roggen und Weizen), Mais und Ölsaaten. Außerdem werden im Havelland Ackerfutter, Eiweißpflanzen, Hackfrüchte sowie Gemüse angebaut. Viehhaltung findet überwiegend auf ackerbaulich ungünstigen Standorten (insbesondere in der westlichen Hälfte des Havellandes) statt, wobei Tierbestände eine leicht rückläufige Tendenz aufweisen.

Um die aktuellen InVeKoS-Daten nutzen zu können, richtete das ATB eine Anfrage an das Landesamt für Verbraucherschutz, Landwirtschaft und Flurneuordnung des Landes Brandenburg (LVLF). Als Ergebnis wurde eine Tabelle mit Anbauflächen in Jahren 2005-2008 sowie mit Tierbeständen im Jahr 2008 zusammengestellt. Anhand dieser Tabelle ist es möglich, die Bewirtschaftung der Flächen feldblockgenau und die Tierbestände auf Gemeindeebene zu erkennen.

Folgende Arbeitsschritte sind geplant bzw. werden bereits bearbeitet:

- Ermittlung des Grünlandangebots anhand vorhandener Grünlandflächen, deren Nutzungsintensität (Schnitthäufigkeit, Schnittzeitspannen) und Erträge, flächenkonkret;
- Ermittlung des Grünlandbedarfes anhand vorhandener Tierbestände (Futterbedarf) und Biomasseanlagen (Substratbedarf), auf Gemeindeebene;
- Grünlandbilanzierung: Kalkulation von überschüssigen Grünland; auf Gemeindeebene
- Datenerhebung zum regionalen Wärmebedarf, Feststellung potenzieller Wärmeabnehmer (Industrie, Gewerbe und Betriebe, Haushalte);
- Entwicklung geeigneter Bereitstellungs- und Anlagenkonzepten zur thermischen Nutzung von Biomasse;
- Algorithmierung der ökonomischen Bewertung auf regionaler Ebene;
- Algorithmierung der Erstellung von Treibhausgas-, Kohlenstoff- und Nährstoffbilanzen für die ökologische Bewertung.

### Weitere Modellregionen

Dem Landkreis Havelland werden weitere Modellregionen folgen. Die Daten zum Landkreis Saalfeld-Rudolstadt (TH) wurden bereits angefragt und teilweise erhalten. Die Daten von den Projektpartnern in NI, SA und BY werden erwartet. Die Bearbeitung weiterer Modellregionen soll erwartungsgemäß weniger Zeit beanspruchen, da die für das Havelland erarbeiteten Methoden und Algorithmen in einem gewissen Grad auf andere Gebiete übertragbar sind.

## 6. Zusammenfassung

Im Verbundvorhaben „Optimierung der nachhaltigen Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen für die thermische Verwertung“ - (GNUT-Verbrennung), soll die Eignung bzgl. Biomassepotenzial und –eigenschaften von Dauergrünlandaufwüchsen verschiedener Vegetationstypen für die thermische Verwertung untersucht werden. Dazu wurden 2008 an fünf Standorten, die jeweils unterschiedliche Vegetationstypen des Dauergrünlandes repräsentieren, vollständig randomisierte Versuche auf Praxisflächen mit vier Varianten in je vierfacher Wiederholung angelegt. Die Varianten unterschieden sich in der Düngung (mit/ohne) oder der Schnitthäufigkeit (einschnittig, zweischnittig, Schnitt alle zwei Jahre). Die gewonnenen Pflanzenproben wurden auf alle verbrennungsrelevanten Inhaltstoffe untersucht und zusätzlich auf die den Futterwert beeinflussenden Roh Nährstoffe, als Vergleichsbasis. Die Versuchsflächen ließen sich nach einer vegetationskundlichen Aufnahme 2008 als Seggenried (artenarm), Rohrglanzgraswiese (Dominanzbestand), Kohldistelwiese (mit Mädesüß überprägt), Goldhaferwiese (typische Ausprägung) und Streuwiese (sehr artenreich) einordnen. Die Vegetation hat sich in dem einen Versuchsjahr auf der Kohldistelwiese zu einem etwas höheren Gräseranteil und weniger Mädesüß hin verschoben und auf der Streuwiese zu einem etwas höheren Kräuteranteil entwickelt. Die Relationen der Trockenmasseerträge (in dt/ha) blieben zwischen den Vegetationstypen und Varianten über die betrachteten Jahre gleich. Das Rohrglanzgras weist im Mittel der Jahre und Varianten mit Abstand das höchste Biomassepotenzial auf (123 dt TM/ha), gefolgt von dem Seggenried (62 dt TM/ha) und dem Goldhafer (54 dt TM/ha) sowie der Kohldistelwiese (46 dt TM/ha) und als

ertragsschwächsten Standort die Streuwiese (21 dt TM/ha). Das Seggenried und die Spätschnittvariante des Rohrglanzgrases erreichen die höchsten Trockensubstanzgehalte im Erntegut (etwa 40 %), alle anderen Typen und Varianten sind mit einem TS-Gehalt von etwa 30 % in der FM als noch silierfähig einzustufen. Hinsichtlich des Biomassepotenziales ist den zweischnittigen bzw. gedüngten Varianten der Vorzug zu geben. Bei der Streuwiese und der Kohldistelwiese lohnt jedoch eine Zweischnittvariante gegenüber einer einschnittigen Spätschnittvariante bisher nicht. Bei beiden Varianten wird hier in etwa der gleiche Trockenmasseertrag erreicht. Die Rohrnährstoffgehalte, mit Auswirkungen auf die Verdaulichkeit und den Energiegehalt, unterscheiden sich zwischen den verschiedenen Vegetationstypen nicht grundlegend. Der Goldhafer weist aufgrund eines geringeren Rohfaser- und etwas höheren Rohprotein- sowie Fettgehaltes als einziger Vegetationstyp eine bessere Verdaulichkeit und einen höheren Energiegehalt auf, bleibt aber dennoch unter den Anforderungen an qualitativ gutes Grünfutter zurück. Bei den Mineral- und Nährstoff- sowie Spurenelement- und Schwermetallgehalten zeichnet sich im Vergleich der Vegetationstypen ein immer ähnliches Bild. Die geringsten Gehalte aller Gruppen finden sich im Rohrglanzgras, die höchsten in der Kohldistelwiese. Mineral- und Nährstoffgehalte liegen in dem Spätschnittgut der Grünlandflächen deutlich über denen von Stroh und Holz, bei Spurenelementen und Schwermetallen verhält es sich tendenziell anders herum. Der durchschnittliche Heizwert von Holz liegt etwa 1,5 kJ/kg TM über dem von Stroh und etwa 2 kJ/kg TM über dem Durchschnitt des Spätschnittgutes der Grünlandflächen, wobei einzelne Varianten und Typen den Heizwert des Strohs durchaus erreichen.

Die Vorzüglichkeit hinsichtlich der Eignung bestimmter Vegetationstypen zur thermischen Verwertung lässt sich noch nicht eindeutig zuordnen. Die Grünlandtypen mit den höchsten Biomasseerträgen weisen auch die höchsten Gehalte an „Störstoffen“, sprich Stickstoff, Chlor und Schwefel auf. In den Aufwüchsen der ertragsschwachen Streuwiese dagegen finden sich nur geringe Gehalte an allen anorganischen Parametern und aber auch der zweithöchste Heizwert im Versuch, alles etwa auf dem Niveau von Stroh.

Nach einer ersten Einschätzung kann von einer Zweischnittnutzung sowohl bei der Streu- und Kohldistelwiese, hier aus mangelndem Biomassepotenzial, als auch bei der Goldhaferwiese, aufgrund zu hoher Spurenelement- und Schwermetallgehalte in den zweiten Aufwüchsen, abgeraten werden. Rohrglanzgras und Seggenried scheinen die vielversprechendsten Alternativen zu sein, vor allem die zweischnittigen und Düngungsvarianten. Jedoch bleiben noch weitere Ergebnisse abzuwarten, vor allem die ökonomische Bewertung und die Potenzialabschätzungen der Grünlandverfügbarkeit in den Modellregionen.

## 7. Literaturverzeichnis

- BAYERISCHES ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE ENERGIEFORSCHUNG E.V. (ZAE Bayern), Elementarzusammensetzung von Brennstoffen u. a. , Folienpräsentationen unter [www.zae-bayern.de/files/pub\\_a1\\_01.pdf](http://www.zae-bayern.de/files/pub_a1_01.pdf)
- HUBER, S. UND FRIEB, H., 1997, Emissionen bayerischer Biomassefeuerungen – Ergebnisse einer Grundsatzuntersuchung, unter [http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/biogene\\_festbrennstoffe/doc/biomassefeuerungen.pdf](http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/biogene_festbrennstoffe/doc/biomassefeuerungen.pdf)
- KAISER, F.; GRONAUER, A.; 2007, Evaluierung der Methanproduktivität nachwachsender Rohstoffe in Biogasanlagen als Grundlage für ein EDV-gestütztes Expertensystem für Beratung und Praxis, LfL-Endbericht, unter [http://www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/29399/linkurl\\_0\\_4\\_0\\_1.pdf](http://www.lfl.bayern.de/ilt/umwelttechnik/29399/linkurl_0_4_0_1.pdf)

- LASER, H.; KÖNIGS, V.; OPITZ VON BOBERFELD, W.; THEOBALD, P.; 2006, Potentielle Eignung von ausgewählten mono- und dikotylen Grünlandarten für die Biomasseverbrennung in Hinblick auf die Rückstands- und NO<sub>x</sub>-Problematik, LfL-Schriftenreihe, Heft 17/2006, Die Zukunft von Praxis und Forschung in Grünland und Futterbau, 50. Jahrestagung der AGGF, ISSN 1611-4159, S. 137-140
- MÄHNERT, P.; HEIERMANN, M.; LINKE, B.; 2005, Batch- und Semi-continuous Biogas Production from Different Grass Species, in: Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal, Manuscript EE 05 010, Vol. VII, December, <http://cigr-ejournal.tamu.edu/volume7.html>
- OBERNBERGER, I., 2009, Highlights der Bioenergieforschung II - Nationale und internationale Ergebnisse zu den IEA Schwerpunkten am 12. Nov 2009, Wien, AT unter [www.nachhaltigwirtschaften.at/.../20091112\\_04\\_grosstech\\_verbrennung\\_fester\\_biomasse\\_ingwald\\_obernberger.pdf](http://www.nachhaltigwirtschaften.at/.../20091112_04_grosstech_verbrennung_fester_biomasse_ingwald_obernberger.pdf)
- PROCHNOW, A.; HEIERMANN, M.; DRENCKHAN, A.; SCHELLE, H.; 2005, Seasonal pattern of biomethanisation of grass from landscape management, in: Agricultural Engineering International; the CIGR Ejournal, Manuscript EE 05 011, Vol. VII, December, <http://cigr-ejournal.tamu.edu/volume7.html>
- PROCHNOW, A.; HEIERMANN, M.; IDLER, C.; LINKE, B.; MÄHNERT, P.; PLÖCHL, M.; 2007a, Biogas vom Grünland: Potenziale und Erträge, Schriftenreihe Deutscher Grünlandverband -Gas aus Gras und was noch?- , Heft 1/2007, ISSN 1439-314X.
- RÖSCH, C. ; RAAB, K.; SKARKA, J.; STELZER, V. ; 2007, Energie aus dem Grünland – eine nachhaltige entwicklung?, Wissenschaftliche Berichte FZKA 7333, unter [www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/startseite/energie\\_aus\\_dem\\_gruenland.pdf](http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/mlr/startseite/energie_aus_dem_gruenland.pdf)
- THRÄN ET AL.; 2005, Nachhaltige Biomassenutzungsstrategien im europäischen Kontext : Analyse im Spannungsfeld nationaler Vorgaben und der Konkurrenz zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Bioenergieträgern / Institut für Energetik und Umwelt. Daniela Thrän. - Leipzig : IE, 2005. - XVIII, 351 S., EN-2661-17
- VETTER, A., 2008, Stroh - Potenziale, Eigenschaften, Rahmenbedingungen, Präsentation auf der 1. Internationalen Fachtagung – Strohenergie, von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) und der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), 03./04. April 2008, Beutenberg-Campus, Jena unter [www.tll.de/ainfo/pdf/stroh/str03\\_08.pdf](http://www.tll.de/ainfo/pdf/stroh/str03_08.pdf)

## 8. Veröffentlichungen

### Veröffentlichungen 2009

#### TLL

- Gödeke, K. (2009) Grünlandnutzung und Biogas, Vortrag im Workshop 5 „ Nachhaltiger Anbau von Nachwachsenden Rohstoffen“ der 18. Jahrestagung des Fachverbandes Biogas e.V., 03.-05.02.2009, Messe-Hannover
- Gödeke, K. (2009) Praxisbeispiel im Fokus: Thermische Verwertung von Schnittgut aus extensivem Grünland, Vortrag auf der Tagungsreihe des Bundesamtes für Naturschutz „Naturschutz und Landwirtschaft im Dialog“: Grünland im Umbruch, in der Internationalen Naturschutzakademie Insel Vilm, 27.-30.04.2009, <http://www.bfn.de/fileadmin/MDB/documents/ina/vortraege/2009-Gruenland-Goedeke.pdf>
- Gödeke, K.; Hochberg, H. (2009) Biomassebereitstellung von repräsentativen Dauergrünlandtypen zur thermischen Verwertung, Posterbeitrag auf der Fachtagung „Aktiver



Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel – Beiträge der Agrar- und Forstwirtschaft“, Johann Heinrich von Thünen-Institut, 15.-16.06.2009, Braunschweig

Gödeke, K.; Hochberg, H. (2009) Thermische Verwertung von Aufwüchsen repräsentativer Dauergrünlandtypen (Projekt GNUT-Verbrennung), Posterbeitrag auf dem 2. Energiepflanzensymposium, FNR/BMELV, 17./18.11.2009 in Berlin

## **ATB**

BLOKHINA, Y., PROCHNOW, A., PLÖCHL, M., LUCKHAUS, C., HEIERMANN, M. (2009): Ökonomische Bewertung der Biogaserzeugung: Erfahrungen mit Landschaftspflegeaufwuchs des Nationalparks Unteres Odertal. Naturschutz und Landschaftsplanung 41 (3), 83-88.

PROCHNOW, A.; HEIERMANN, M.; PLÖCHL, M.; LINKE, B.; IDLER, C.; AMON, T.; HOBBS, P. (2009): Bioenergy from permanent grassland – A review: 1. Biogas. Bioresource Technology 100, 4931-4944.

PROCHNOW, A.; HEIERMANN, M.; PLÖCHL, M.; AMON, T.; HOBBS, P. (2009): Bioenergy from permanent grassland – A review: 2. Combustion. Bioresource Technology 100, 4945-4954.